4° Metall. 18 x
-3,1

<36634102660016

<36634102660016

Bayer. Staatsbibliothek

Metall. 18 ½ 4°

DIE ANLAGE

UND DER

BETRIEB DER EISENHÜTTEN.

AUSFÜHRLICHE
ZUSAMMENSTELLUNG NEUERER UND BEWÄHRTER CONSTRUCTIONEN
AUS DEM BEREICHE DER
GESAMMTEN EISEN- UND STAHL-FABRIKATION

UNTER BERÜCKSICHTIGUNG ALLER BETRIEBS-VERHÄLTNISSE

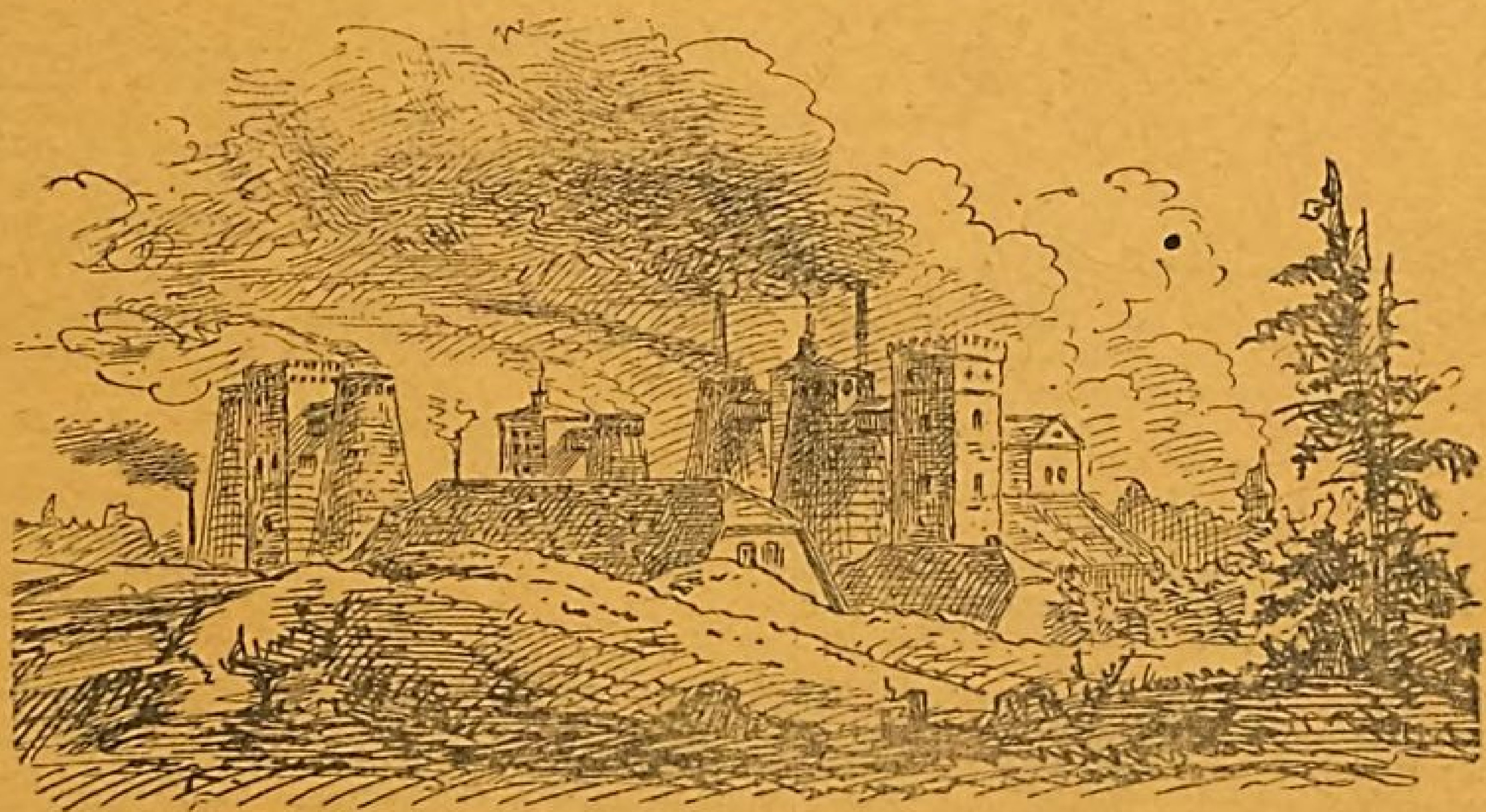
3
Text

BEARBEITET VON

DR. ERNST FRIEDRICH DÜRRE

Professor und ord. Lehrer für Hüttenkunde an der Königl. Technischen Hochschule zu Aachen.

Drei Bände mit ca. 120 Tafeln und vielen Text-Illustrationen. In ca. 30—40 Lieferungen à 6 Mark.



~~XXIX. LIEFERUNG.~~

—— ~~Enthaltend 9 Text-Bogen.~~ ——

LEIPZIG ~~1887~~

BAUMGÄRTNER'S BUCHHANDLUNG.

66 F

INHALT.

Band I: Die Erze und ihre Vorbereitung, die Zuschläge und ihre Vorbereitung, die Brennstoffe und ihre Vorbereitung, die metallurgischen Baumaterialien und ihre Herstellung, die Dampfkesselanlagen, die Anlagen zur Darstellung und zur Erzeugung der gepressten Luft.

Band II: Die Erzverarbeitung in ihrem jetzigen Zustand, Betrieb und Bau der Hochöfen.

Band III: Der Eisengiessereibetrieb,*) die Darstellung schmiedbaren Eisens, die Fabrikationsprocesse, die Apparate, die Bearbeitungsprocesse, Gesammtanlagen der bezüglichen Fabrikationsgruppen.

Zur Erleichterung der Anschaffung erscheint das Werk lieferungsweise, in durchschnittlich sechswöchentlichen Zwischenräumen. Der Umfang wird sich auf etwa 30—40 Lieferungen à 6 Mark erstrecken. Probehefte sind in jeder Buchhandlung einzusehen.

In den bisher erschienenen Lieferungen sind u. A. folgende Tafeln enthalten:

Aus Band I.: Aelteres Poch- und Waschwerk, Röstöfen in Siegen, *Westmans* Röstöfen mit Gichtgasheizungs- und Gebläsebetrieb, Cokesöfen nach den Systemen: *Appolt, Pauwels & Dubochet, François-Reseroth, Smet, Copée* (ältere und neuere Modificationen), Cokesausdrückmaschinen, Drillingsgebläsemaschine, verticale und horizontale (Georgs Marienhütte) Gebläse, Gebläse System *Gjers-Ayresome,* Balanciergebläse, System *Kamp & Co.* (Wetter a. R.), ungleicharmiges Balanciersystem (*Crown Point Iron Work*), Winderhitzer mit Pistolen (System *Onlait-Erbreich*), westfälisches System, System *Karcher* (Ars a. Mosel) mit Hängeröhren, mit aufrechten Hebern, mit stehenden gekammerten Röhren (Niederrhein und Luxemburg), mit amerikanischem Ringrohrapparat, Winderhitzer System *Gjers-Ayresome,* ältere und neuere Disposition (North Lonsdale, Construction *Howson-Wilson*), System *Whitwell* (Modification *Gnémyvean,* Pariser Ausstellung 1878), System *Cowper-Siemens* (Monceau-sur-Sambre), Winderhitzer System *Gjers* (2 Blatt), Winderhitzer System *Whitwell-Gödecke,* Zweiflammrohrkessel mit Gasheizung ohne Hülfsfeuerung, stehender Siederkessel für Abhitzen von Flammöfen, combinirter Röhren- und Siederkessel, Erzwäsche zu Flensungen, Erzwäsche auf Grube Margarethe bei Grünberg, Erzwäsche zu Dillenburg.

Aus Band II.: Holzkohlenhochofen, Umbau eines solchen zu Cokesbetrieb (Harz), Cokeshochofen älterer Typus (Oberschlesien) und Umbau eines solchen (Niederrhein), Cokeshochofen mit gemauertem Rauchschacht, Schachtumbau in altem Rauchschacht (Sambre), Fundamentdetails zum Umbau eines älteren Hochofens (Niederrhein), Details des neuen *Hörder* Hochofens, neue belgische Hochofenanlage, Hochöfen der Eisenhütte Oberhausen (Niederrhein), Cokes-Hochofen zu Schwechat bei Wien, Hochofen-Anlage zu Pompey bei Frouard (Französisch-Lothringen), Neuere Hochofen-Anlage zu Hörde, Hochofen für Anthracit *New Jersey Iron Co.*, Hochofen mit Aussenmantel von *J. Massenez,* Umbau und Vergrösserung eines Hochofens Hörder Eisenwerk, Betriebsmaschine des pneumatischen Gichtaufzugs System *Gjers,* Hochofen zu Gleiwitz (Ober-Schlesien), Hochofen mit cylindrischem Schacht in Geisweid bei Siegen, Doppelgicht-Aufzug für die Hochofen 1, 2 zu *Hörde,* einfacher Gichtenzug (Niederrhein) und Gichtbrückendetail, Gichtaufzug der *Meier Iron Works* in Illinois, Gitterbrücke zwischen zwei Hochöfen, Anordnung zweier Hochöfen mit *Whitwell* (Niederrhein), Hochofen-Anlage *Germania* bei Kalk, desgleichen zu Schwechat bei Wien, Situationsplan der Georgs-Marienhütte, Hochofen-Anlage zu Bochum.

Aus Band III.: Neuer Waschofen *Pernot-Krupp* (Springfield Ironworks, Illinois), derselbe: Längenschnitt der ganzen Flammöfen-Flusseisen-Anlage, Gasentkieselungs- oder Gasfeinofen System *Eck,* Puddelofen mit Planrost und Steinkohlenheizung, mit Gasfeuerung System *Bicheroux,* Generator zur Heizung derselben, Lagerung und Windführung der Converter, Typen von Convertern, Bessemerhütte älterer Typus (Rheinland-Westfalen), amerikanische Bessemerhütte bei St. Louis (*Vulcan Iron Co.*), Wärmeofen für Stahlblöcke mit *Bicheroux's* Generator, Puddelofen mit Treppenrost (Oberschlesien), Puddelofen mit Gasfeuerung System *Boëtius,* Converter und Wendevorrichtung (Westfalen), Bessemergiesskrahn mit beweglichem Cylinder, Cupolofen zur Bessemerei, neue Bessemeranlage, *Siemens-Martin*-Ofen Grazer Bahnhof, Tiegelofen-Anlage mit Gasfeuerung (Westfalen), Anlage *Siemens*'scher Generatoren (Westfalen), *Siemens-Martin*-Ofen für leichtere Brennstoffe (Oesterreich).

LEIPZIG. Baumgärtner's Buchhandlung.

*) Dies Buch ist aus Zweckmässigkeitsgründen in Band III mit herübergenommen worden.

DIE ANLAGE

UND DER

BETRIEB DER EISENHÜTTEN.

53

4' Metalli 18 X/3

h

DIE ANLAGE

UND DER

BETRIEB DER EISENHÜTTEN.

AUSFÜHRLICHE
ZUSAMMENSTELLUNG NEUERER UND BEWÄHRTER CONSTRUCTIONEN
AUS DEM BEREICHE DER
GESAMMTEN EISEN- UND STAHL-FABRIKATION

UNTER BERÜCKSICHTIGUNG ALLER BETRIEBS-VERHÄLTNISSE

BEARBEITET VON

DR. ERNST FRIEDRICH DÜRRE

Professor und ord. Lehrer für Hüttenkunde an der Königl. Technischen Hochschule zu Aachen.

DRITTER BAND.

Drittes Buch. Der Eisengiessereibetrieb

und

Viertes Buch. Die Herstellung des schmiedbaren Eisens.

Mit 40 Tafeln und 164 eingedruckten Abbildungen.

Bayerische Staatsbibliothek München

LEIPZIG 1892

BAUMGÄRTNER'S BUCHHANDLUNG.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Inhalts-Verzeichniss des III. Bandes.

Seite

Drittes Buch. Der Eisengiessereibetrieb . 1

Vorbemerkungen und Eintheilung . 3
§ 1. Begriff und Stellung der Eisengiesserei 3. § 2. Zu besprechende Einzelheiten 3. § 3. Stofftheilung 3.

Erster Abschnitt. Uebersicht der gesammten Processe des Eisengiessereibetriebes . . 5
§ 4. Gliederung des Betriebes überhaupt. Herstellung der Form 5. § 5. Procedur des Giessens und der Abkühlung 5. § 6. Eintheilung des Abschnittes 6.

1. Kapitel. Förmereiprocesse und Formmaterialien 6
§ 7. Eintheilung der Arbeiten 6.

A. Von der Sandförmerei . 6
§ 8. Definition. Materialfrage 6.

Der Formsand . 7
§ 9. Eigenschaften 7. § 10. Bestandtheile 7. § 11. Einwirkungen des Staubgehaltes 8. § 12. Wichtigkeit praktischer Versuche 8. § 13. Verbesserung und künstliche Darstellung von Formsanden 9.

Sandförmerei in offenem Herde . 9
§ 14. Definition des Verfahrens 9. § 15. Einformen einer dicken Platte 9. § 16. Desgleichen ohne Modell, mit Chablonen 10. § 17. Abformen im Herd von Ambössen, Chabotten, Wellringen 11. § 18. Einformen von Wellzapfen und Walzen 11.

Sandförmerei im gedeckten Herde . 12
§ 19. Beschreibung verschiedener Fälle 12. Ofengichtkranz 12.

Sandförmerei im zweitheiligen Kasten 13
§ 20. Allgemeines 13. § 21. Beispiel einer verzierten Platte 14. § 22. Lagerschalen und andere Stücke 14. § 23. Stirnrad 15. § 24. Winkelrad 16. § 25. Kleine Riemscheiben und Kerne 16. Kurbelrad 17. Spurkranzrad 17. § 26. Kamm- und Stirnräder für Holzkämme 17. § 27. Zweitheilige Förmerei mit Kernstücken 18. § 28. Rolle 18. Ketten 19. § 29. Durchbrochener Rost 20. § 30. Schlussbemerkung, Hinweis auf Maschinenbenutzung 20.

Sandförmerei im drei- und mehrtheiligen Kasten 20
§ 31. Allgemeines. Beispiel eines geraden Topfes 20. § 32. Mühlengetriebe mit Stangenzähnen 21. § 33. Mörser 21. § 34. Bauchiger Ofen 22. § 35. Verzierter Untersatz für Etagenöfen 23. § 36. Ofenfuss, verziert 23.

B. Von der Masseförmerei . 24
§ 37. Allgemeines Verfahren 24. § 38. Beispiel eines Dampfcylinders mit angegossenen Kanälen 24. § 39. Guss von Leitungsröhren 26. § 40. Herstellung der Röhrenform (Mülheim a. d. Ruhr) 26. § 41. Desgleichen des Kernes 27. § 42. Modellförmerei in fettem Sande 28. § 43. Chablonenförmerei in Masse 28.

C. Lehmförmerei . 29
§ 44. Uebersicht 29. § 45. Rohmaterial und Zubereitung 29. § 46. Formen eines gewöhnlichen Kessels 30. § 47. Kessel mit hängendem Kern 31.

D. Schalenguss . 31
§ 48. Charakteristik des Schalengusses. Hartborsten 31. § 49. Ausführung 32. § 50. Aufbau der Formen 32. § 51. Ausführung des Gusses 33.

E. Sonstige Förmereiprocesse . 34
§ 52. Feinguss 34. § 53. Schmiedbarer Guss 34.

Seite

2. Kapitel. Wahl und Umschmelzung des Roheisens 35

§ 54. Begriff des Giessereiroheisens 35. § 55. Deutsches Giessereiroheisen in früherer Zeit (Oberschlesien) 35. § 56. Rheinland-Westfalen. Wachler's Untersuchungen 36. § 57. Neuere Unterscheidungen 37. § 58. Qualitätssorten 37. § 59. Ausländische Marken. Schottland und England 38. § 60. Ausländische Marken von besonderer Festigkeit 38. § 61. Umschmelzen in Cupolöfen 39. § 62. Vorzüge derselben 39. Nebenapparate 40. § 63. Betrieb 40. § 64. Umschmelzen in Flamm- und Tiegelöfen 41. Einrichtung und Betrieb der letzteren. Kritik 41. § 65. Einrichtung und Betrieb der Flammöfen. Kritik 41. § 66. Oekonomische Verhältnisse 42. § 67. Wärmeausnutzung 42.

3. Kapitel. Vorgänge beim Giessen und Erstarren 43

§ 68. Giessprocess 43. § 69. Beginn des Erstarrens 44. § 70. Schwindmaass 45. § 71. Spiel des Eisens 45. § 72. Ursachen des verschiedenen Spiels 45. § 73. Ausscheidungen des Eisens 46. § 74. Gasförmige Ausscheidungen 47. § 75. Treiben 47.

Zweiter Abschnitt. Die Umschmelz-Apparate mit Zubehör 48

§ 76. Allgemeine Uebersicht 48. Stofftheilung 48.

1. Kapitel. Construktion und Ausführung der Tiegelöfen 48

§ 77. Gewöhnliche Tiegelöfen. Allgemeine Verhältnisse 48. § 78. Tiegelofenanlage von Saynerhütte 49. § 79. Andere Beispiele 50. § 80. Piat's Ofen 50.

2. Kapitel. Construktion und Ausführung der Cupolöfen 51

§ 81. Allgemeines 51. § 82. Bau und Armatur 51. § 83. Innere Ausführung 52. § 84. Gewöhnlicher Cupolofen 52. § 85. Fortsetzung 53. § 86. Weitere Beispiele 54. § 87. Eingeschnürte Ofenschächte 55. § 88. Ofen von Ireland 56. § 89. Oefen von Hinton, Mackenzie u. A. 56. § 90. Ofen von Krigar 57. § 91. Details desselben 57. § 92. Neuere Ausführungen 59. § 93. Oefen für Stahlabfälle von Ibrügger und Krigar 60. § 94. Zugschachtöfen 60. § 95. Dampfstrahlöfen von Herbertz 61.

3. Kapitel. Construktion und Ausführung der Flammöfen 62

§ 96. Allgemeines 62. § 97. Profile 62. § 98. Grössenverhältnisse 63. § 99. Entwurf eines Ofens, Gang der Arbeit 64. § 100. Luftberechnung 64. § 101. Gasmengenberechnung 65. § 102. Querschnittsberechnung 66. § 103. Flammofenanlage zu Gleiwitz 67. § 104. Flammöfen mit vertieftem Herd 68. § 105. Beispiel von Zwickau 69. § 106. Flammofen für leichte Brennstoffe 69. § 107. Gasflammöfen 70. § 108. Eck'scher Ofen 71. § 109. Anordnung der Flammöfen 72.

4. Kapitel. Construktion und Ausführung verschiedener beim Ofenbetrieb gebrauchter Nebenapparate . 72

§ 110. Uebersicht und Eintheilung 72.

A. Von den Gebläsen der Eisengiessereien 73

§ 111. Uebersicht 73.

Ventilatoren . 73

§ 112. Begriffe 73. § 113. Construktion und Betrieb von St. Léger und Cadiat 73. § 114. Versuche von Dollfuss 74. § 115. Versuche von Tunner 75. § 116. Folgerungen Tunner's 75. § 117. Versuche Buckle's 76. § 118. Arbeiten von Devillez 76. § 119. Versuche von Ser, Herscher, Tresca 77. § 120. Winke von Mallet 77. § 121. Ausführungen nach Karsten, Guettier 78. § 122. Ventilator von Nasmyth 78. § 123. Ventilator von W. Wedding 79. Versuche von Reuleaux 79. § 124. Ventilator von Lloyd 80. § 125. Ventilator von Richard Hartmann und Sturtevant 80. § 126. Ventilatoren von Schiele und Dinnendahl 81.

Andere Gebläse . 81

§ 127. Root'sche Bläser 81. § 128. Construktion 82. § 129. Betrieb 82. § 130. Schraubengebläse von H. Krigar 83. § 131. Details desselben 83.

B. Von den Aufgebevorrichtungen bei den Cupolöfen 84

§ 132. Einfache Leitern, Treppen, schiefe Ebenen 84. § 133. Maschinelle Anlagen. Uebersicht: Haspel 84. § 134. Treibkolbenwerke 85.

C. Von der Winderhitzung bei den Cupolöfen 85

§ 135. Einrichtung. Resultate 85.

D. Von den Zerkleinerungsapparaten für das Roheisen 86

§ 136. Rammen, Fallwerke, Pressen 86.

Dritter Abschnitt. Von den Apparaten und Geräthen zur Herstellung der Formen . . 87

§ 137. Uebersicht und Classification 87.

1. Kapitel. Apparate und Geräthe zur Vorbereitung der Formmaterialien 87

§ 138. Uebersicht der Arbeiten 87. § 139. Verunreinigungen der Materialien 88. § 140. Zerkleinern und Trocknen des Sandes 89. § 141. Zerkleinerungs- und Trockenapparate 89. § 142. Kollermühlen oder -gänge 90. § 143. Mischapparate 91. § 144. Vorbereitung der fetten Sande 91. § 145. Vorbereitung der feinen Massen 91. § 146. Vorbereitung des Lehms 92. § 147. Durcharbeitung und Mischung 92. § 148. Vorbereitungsateliers und ihre Anordnung 93.

2. Kapitel. Apparate und Geräthe zur Ausführung der Förmerei 93

§ 149. Uebersicht und Eintheilung 93.

Seite

A. Von den Modellen und der Modellanfertigung 94
§ 150. Allgemeines 94. § 151. Modellirung ornamentirter Gegenstände 94. § 152. Durchbrochene Platten und Gitter 95. § 153. Fortsetzung 96. § 154. Modelltheilung. Kernspindel und Kernhalter 97. § 155. Schwindmaass 97. § 156. Schwinden verschiedener Eisensorten 98. § 157. Fortsetzung 99. § 158. Material zur Modellanfertigung 100. § 159. Details der Modellherstellung 100.

B. Formkasten und sonstige Armaturen der Formen 101
§ 160. Allgemeine Gesichtspunkte und Eintheilung 101. § 161. Armaturen zum Sandgusse 101. § 162. Sandleisten, Gehänge, Wandstärke der Kasten 101. § 163. Armaturen zum Massegusse 102. § 164. Armaturen zum Lehmguss. Einrichtungen der Lehmförmerei zu Seraing bei Lüttich 103.

C. Formmaschinen . 103
§ 165. Allgemeines. Anwendung 103. § 166. Erfindungen von Ransome & May, Brown, Muir, James, Jobson 104. § 167. Stampf- und Pressmaschinen. Constructionen von Marquise, von Halberger Hütte bei Saarbrücken, von Bayenthal bei Cöln 105. § 168. Schnurrollen- und Scheibenformmaschine von E. Schiess-Düsseldorf. Formplatten von Georg Woolnough und F. Dehne-Halberstadt 105. § 169. Einfügen der Formplatten in die Maschinen 106. § 170. Formplatten aus verschiedenen Materialien 106. § 171. Andere Anwendung von J. Demogeot in Boussu bei Mons 107. § 172. Maschine von Ludwig und Eduard Reuling-Darmstadt. Patent von H. Jung-Amalienhütte und J. Brandt 107. § 173. Clarenbach's Formmaschine 107. § 174. Dessen Patentanspruch 108. § 175. Formtisch der Marienhütte bei Kotzenau. Topfformmaschine von J. V. Hope-Wednesbury 109. § 176. Zahnradformmaschine von G. L. Scott 109. § 177. Deren Bau 109. § 178. Einzelheiten der Einstellung 110. § 179. Arbeitsverfahren 110. Propellerschraubenformmaschine von H. Zinz. Guhrauer's Formmaschine für geriffelte Walzen. Hertzog's Formtisch 111. § 180. Stampfmaschine von de Limon, von R. Döhn 111. § 181. Stampfmaschine von J. D. Delille 112. § 182. Stampfvorrichtung von Ugé. Allweiler's drehbarer Tisch 113. § 183. Doppelmaschine von Ch. Laissle 113. § 184. Formmaschine mit Doppeldruck von H. Reusch 114. § 185. Formmaschine von Gallas & Aufderheide 114. § 186. Formmaschine von Seebold & Neff 115. § 187. Deren neuere Construktion 115.

3. Kapitel. Apparate und Geräthe zum Trocknen und Brennen der Formen 116
§ 188. Nothwendigkeit und Einrichtung der Darrkammern 116. § 189. Feuerungsanlage derselben 117. § 190. Beispiel 117. § 191. Anwendung von Gasfeuerungen. Oberstadt's Darrkammer 119. § 192. Trockenvorrichtungen für Röhrengiessereien 119.

4. Kapitel. Apparate und Geräthe zum Heben und Transportiren der Formen und Bestandtheile . 120
§ 193. Uebersicht und Classification 120.

A. Von den Krahnen . 120
§ 194. Allgemeines 120. § 195. Anlage und Disposition 121. § 196. Anforderungen an Giessereikrahne 121. § 197. Constructionsdetails 122. § 198. Flaschenzüge. Potenzenzüge 122. § 199. Vergleich der Anwendung von Ketten oder Tauen 123. § 200. Bildung des Aufhängepunktes der Lasten 123.

B. Winden und Brückenkrahne . 123
§ 201. Allgemeine Gesichtspunkte 123. § 202. Beispiele einfacher Brückenwinden. Krahn von W. Wedding 124. § 203. Laufkrahn der Königin Marienhütte. Krahn der Bayenthaler Aktiengiesserei bei Cöln. Krahn der Gruson'schen Eisengiesserei 125. § 204. Krahn von Sampson Moore 125. Krahn von John Fowler & Co. 126.

Vierter Abschnitt. Von den Anlagen, Apparaten und Geräthschaften zum Giessen . . 127
§ 205. Uebersicht und Eintheilung 127.

1. Kapitel. Von den Dammgrubenanlagen 127
§ 206. Nothwendigkeit und Anordnung 127. § 207. Provisorische Bauart 128. § 208. Weitere Beschreibung 128. § 209. Permanente Dammgruben 128. § 210. Verbesserte Construktion. Maudslay 129. § 211. Musterconstruktionen von Mallet 130. § 212. Gruben in nassen Lagen 130.

2. Kapitel. Von den Giessvorrichtungen 131
§ 213. Charakteristisches. Eintheilung 131. § 214. Krahnpfannen 132. § 215. Abkehren der Schlacke 132. § 216. Reservoire, Sümpfe 132. § 217. Deren Erwärmung und Heizung 133. § 218. Schöpfherde. Beispiele 134. § 219. Fertigstellung der Gusswaaren 134.

Fünfter Abschnitt. Von der Anordnung der ganzen Anlagen 135
§ 220. Allgemeine Anordnung 135. § 221. Kleinere Ateliers 135. § 222. Grössere Ausführungen 136. § 223. Besprechung einer Röhrengiessereianlage 136. § 224. Fortsetzung 137. § 225. Skizzen der Röhrengiesserei zu Mülheim a. d. Ruhr 141. § 226. Anordnung von G. Herzog-Paris 142. § 227. Einordnung einer Giesserei in den Grosshüttenbetrieb. Beispiel 142. § 228. Disposition einer sehr grossen Giesserei. Beispiel 144.

Viertes Buch. Die Darstellung des schmiedbaren Eisens 145

Vorbemerkungen . 147
§ 1. Einleitung 147. § 2. Eintheilung 147.

Erste Abtheilung. Die Darstellungsprocesse des schmiedbaren Eisens 149
§ 3. Allgemeines und Stofftheilung 149.

Erster Abschnitt. Uebersicht der Darstellungsprocesse; Theorie derselben 150
§ 4. Vorbemerkungen 150. § 5. Kapiteleintheilung 150.

Seite

1. Kapitel. Von den Eigenschaften des Eisens und von seinem Verhalten gegen die Elemente und Verbindungen, welche mit ihm im Verlauf der Hüttenprocesse des schmiedbaren Eisens in Beziehung treten können 151
§ 6. Einleitung 151.

A. Das reine Eisen, seine Eigenschaften und seine Beziehungen zu verschiedenen Substanzen . 151
§ 7. Darstellung des reinen Eisens. Physikalische Eigenschaften. Empfindlichkeit gegen eine sauerstoffhaltige Atmosphäre. Versuche von Caron 151. § 8. Empfindlichkeit gegen eine kohlehaltige Atmosphäre. Verhalten beim Reduktionsprocess der Eisenerze 152. § 9. Verhalten reinen Eisens gegen kieselsäurehaltige Materialien. Versuche von Caron und Anderen 153. § 10. Verhalten gegen Phosphorsäure. Versuche von Brackelsberg, Ackermann, Percy 153. Entphosphorung 154. § 11. Verhalten zum Schwefel 154. § 12. Beziehungen zwischen Mangan und Schwefel 155. § 13. Entfernung des Schwefels. Erhitzen, Ausschweissen. Angewandte Methoden 155. § 14. Wichtigkeit des Mangans 156. § 15. Untersuchungen von Caron 156. § 16. Sonstiges Verhalten des Mangans 157. § 17. Beziehung des reinen Eisens zu Metallen (Kupfer u. a.) 158. § 18. Wirkungen der verschiedenen Elemente. Kohlenstoff, Silicium, Phosphor, Schwefel 159.

B. Das kohlehaltige Eisen, seine Eigenschaften und seine Beziehungen zu verschiedenen Substanzen . 159
§ 19. Allgemeines 159.

Auftreten und Einwirkung des Siliciums im kohlehaltigen Eisen 159
§ 20. Bedingung des Eintritts des Siliciums. Untersuchungen von Méne 160. § 21. Weitere Wirkungen des Siliciums 160. § 22. Elimination des Siliciums 161. § 23. Fälle, in denen Silicium minder schädlich wirkte 161. § 24. Wirkung des Siliciums auf das Spratzen. Versuche von Troost und Hautefeuille, sowie Pourcel 162. § 25. Verhalten des Siliciums im kohlehaltigen Eisen, dem Sauerstoff gegenüber 163.

Auftreten und Einwirkung des Phosphors im kohlehaltigen Eisen 164
§ 26. Folgen der Phosphoraufnahme im Eisen 164. § 27. Verwandtschaftsgrad des Phosphors zum Eisen 164. § 28. Wirkung des Phosphorgehaltes beim Bessemern 165. § 29. Entphosphorungsmittel und -methoden. Resultate des Heaton'schen Salpeterprocesses. Methoden von Hargreaves, Richardson u. A. 165. § 30. Grundzüge des basischen Processes 166. § 31. Verhalten des Phosphors im kohlehaltigen Eisen fremden Einflüssen gegenüber 166.

Auftreten, Einwirkung und Verhalten des Schwefels im kohlehaltigen Eisen 167
§ 32. Nähere Verhältnisse des Eintritts und Folgen desselben. Schwefelhaltiges Roheisen 167. § 33. Seine schädliche Wirkung im schmiedbaren Eisen 168. § 34. Zustand des Schwefels im Eisen. Möglichkeit seiner Entfernung 168. § 35. Entstehen von Schwefelkohlenstoff im Converter. Experimente Akerman's 169.

Auftreten und Einwirkung des Mangans im kohlehaltigen Eisen 169
§ 36. Wirkung der Manganaufnahme. Neigung des Mangans zum Kohlenstoff 169. § 37. Versuche Caron's 170. § 38. Das Ferromangan 170. § 39. Verwandtschaft des Mangans zu dem Silicium. Stabilität des Siliciummangans. Seine Verwendung 171. § 40. Meinungsverschiedenheit über den im Produkt zurückbleibenden Mangangehalt. Ansicht Siemens' 171. § 41. Folgerungen 171. § 42. Versuche Mushet's über die nützliche Grösse des Mangangehaltes 172. § 43. Steigerung der Schweissbarkeit des Eisens. Neue Hypothese. Versuche der Gesellschaft Phönix. Ebenso von Voigt 172.

Auftreten und Einwirkung sonstiger Elemente im kohlehaltigen Eisen 173
§ 44. Uebersicht. Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Chrom, Wolfram u. a. 174.

Kohlehaltiges Eisen und Stickstoff . 174
§ 45. Angebliche Beziehungen zur Aufstellung einer Stahltheorie. Versuche Rinman's und Ledebur's 174.

Kohlehaltiges Eisen und Sauerstoff . 174
§ 46. Verbrennen des Eisens. Vorgang im Converter. Versuche Bender's. Zustände des Sauerstoffes im Eisen 174. § 47. Grösse des Sauerstoffgehaltes. Bestimmungen Ledebur's 175. § 48. Charakter des „Brandeisens". Untersuchungen Ledebur's 176. § 49. Verbrennen des Stahls 176. § 50. Untersuchungen von Platz. Moleculare Disgregation 177.

Kohlehaltiges Eisen und Wasserstoff . 178
§ 51. Auftreten des Wasserstoffes im kohlehaltigen Eisen. Experimente von Graham, Troost, Hautefeuille 178. § 52. Gasuntersuchungen. Analysen von Müller 179. § 53. Quantum der Gase. Abhängigkeit von der Bearbeitung. Ledebur's Versuche 179.

Kohlehaltiges Eisen und Kohlenoxyd . 180
§ 54. Verbindung oder intermolecularer Einschluss 180. § 55. Untersuchungen von Zyromski 180.

Verhältniss der Gase zum kohlehaltigen Eisen überhaupt 181
§ 56. Allgemeines. Blasigwerden der Produkte. Auftreten in verschiedenen Graden. Ursachen. Neue Hypothese. „Steigen" des Converterproduktes 181. § 57. Untersuchungen von Müller. Hypothese einer Occlusion der Gase 182. § 58. Versuche Stead's 182. § 59. Versuche Brustlein's. Dessen Unterscheidung ausgeschiedener und intermolecularer Gase 183. § 60. Pourcel hält gegen Müller die alte Kohlenoxydtheorie aufrecht. Des letzteren Entgegnung. J. Gjers' Analyse der Gase aus Durchweichungsgruben 184. § 61. Weitere Beweise Brustlein's für Müller's Hypothesen 185. § 62. Brustlein's Experimente in Bezug auf Siliciumreaktionen 185. § 63. Untersuchungen Müller's über das

Seite

Spratzen und Steigen des Flusseisens. Erstarren unter Druck. Verhalten von Silicium und manganreichem Bessemerstahl. Thomasstahl 186. § 64. Wurmröhrenbildung. Ursachen 186. § 65. Weitere Untersuchungen Müller's über den Gasgehalt im basischen Metall 187. § 66. Desgleichen der Coquillengase. Unterscheidung absorbirter und legirter Gase 188. § 67. Wirkung der reducirenden Zusätze auf die Gase. Versuche von Wasum und Müller 191. § 68. Versuche mit Eisensilicit 192. § 69. Mangansilicit. Seine Wirkungen 193.

Eisen und Kupfer . 194

§ 70. Aeltere Erfahrungen über die Wirkungen des Kupfers 194. § 71. Einfluss des Kupfergehaltes für sich und neben Schwefel. Untersuchungen von Wasum 194. § 72. Versuche Choubley's 195. § 73. Einfluss von Kupfer neben Phosphor. Versuche von Choubley 196.

Kohlehaltiges Eisen und Zink . 196

§ 74. Beziehungen. Verzinkung. Bildung von Zinkeisenlegirungen 196.

Kohlehaltiges Eisen und Zinn . 197

§ 75. Gegenseitige Beziehungen. Verzinnung. Darstellung von Zinneisenlegirungen 197.

Kohlehaltiges Eisen und Blei . 197

§ 76. Gegenseitige Beziehungen. Untersuchungen Sonnenschein's u. A. 197.

Kohlehaltiges Eisen und Edelmetalle . 198

§ 77. Bildung entsprechender Legirungen. Versuche und Resultate 198.

Kohlehaltiges Eisen und Nickel (sowie Kobalt) 198

§ 78. Gegenseitige Beziehungen. Meteoreisen. Nickelstahl 198. § 79. Nickel und Flusseisen. Dr. Kollmann's Versuche 199.

Kohlehaltiges Eisen und Chrom . 200

§ 80. Beziehungen. Untersuchungen Boussingault's, Holtzer's & Co., Sergius Kern's 200. § 81. Fabrikationsweise. Verwendung des Chromeisens und -stahls 201.

Kohlehaltiges Eisen und Wolfram . 201

§ 82. Beziehungen. Erfahrungen Berthier's. Untersuchungen de Luynes', Dr. Bernoulli's u. A. Wolframstahl 201. § 83. Seine Darstellung. Chemische Eigenschaften. Experimente Le Guen's. Bedeutung für die Industrie 202.

Kohlehaltiges Eisen und sonstige Metalle . 203

§ 84. Beziehungen zu Antimon, Wismuth, Quecksilber, Molybdän, Vanadin und Tantal 203.

Bemerkungen über die Vertheilung der Nebenbestandtheile im kohlehaltigen Eisen 203

§ 85. Allgemeines 203. § 86. Chemische Untersuchungen an Stelle mechanisch-technischer Proben. Arbeiten von Stubbs. Versuche Snelus' 204. § 87. Des letzteren weitere Experimente betreffs der Wanderung von Kohlenstoff, Schwefel und Phosphor in dickeren Blöcken 205. § 88. Uebereinstimmung mit anderen Untersuchungen. Festigkeit und Dehnung der verschiedenen Blockzonen 205. § 89. Homogenität grosser Gussmassen. Abkürzung des Abkühlungsprocesses 205.

Wirkungen der fremden Bestandtheile . 207

§ 90. Allgemein gefasste Erfahrungssätze 207.

2. Kapitel. Theorie und Verlauf der Rennfeuerprocesse 207

§ 91. Allgemeine Uebersicht. Grundzüge des Verfahrens 207.

A. Die alten Rennfeuerprocesse . 208

§ 92. Einleitung. Katalonische Feuer 208. § 93. Definition des Processes. Geeignetste Erze 209. § 94. Andere Erze. Vorbereitungsarbeiten 209. § 95. Reduktionsprocess 209. § 96. Einführung feuchten Windes. Gründe für die Abnahme und das Aufhören des Rennfeuerbetriebes 210.

B. Die neuen Rennfeuerprocesse oder Rennarbeiten 211

§ 97. Umgehung des Hochofenbetriebes. Ursachen 211. § 98. Theoretisches Fundament der neuen Rennarbeiten: Ausführung der Erzreduktion mittelst Gasgemisch im besonderen Raum 211. § 99. Fällung metallischen Eisens aus geschmolzenem Erz durch eingemengten festen Kohlenstoff. Siemens' Versuche und Arbeiten 212.

3. Kapitel. Theorie und Verlauf der Frischprocesse 213

§ 100. Grundlagen. Entwickelung und Ausbreitung der Processe. Eintheilung 213.

A. Allgemeine Theorie der Frischprocesse 213

§ 101. Ueberblick und Verlauf 213. § 102. Beginn: Oxydation des Eisens und des Siliciums. Folgen der Siliciumverbrennung 214. § 103. Verhalten des Mangans neben dem Eisen und dem Silicium 214. § 104. Beginn der Oxydation des Kohlenstoffes 215. § 105. Oxydation des Phosphors. Basische Zuschläge. Basisches Futter. Thomasprocess 216. § 106. Oxydation des Schwefelgehaltes 216. § 107. Schlussbemerkung 217.

B. Verlauf der Herdfrischprocesse . 217

§ 108. Allgemeines. Beschreibung der Verarbeitung des grauen Roheisens 217. § 109. Windzuführung. Rohschlacke 218. § 110. Eigenschaften des ersten Einschmelzproduktes 218. § 111. Eigentliches Frischen. Rohaufbrechen und Rohfrischen 219. § 112. Garaufbrechen und Garfrischen 220. § 113. Abzängen des Kuchens und Verarbeitung. Kennzeichnung des Verfahrens als Dreimalschmelzerei oder deutsche Herdfrischerei 220. § 114. Weitere Beispiele: Südwallisische Frischschmiede. Lancashire-

Seite

schmiede. Beschreibung der ersteren 221. § 115. Beschreibung der Lancashireschmiede 222. § 116. Entwickelung der Zwei- und Einmalschmelzerei für Eisen 222. § 117. Desgleichen für Stahl 223. § 118. Unsicherheit der Stahlarbeit in Herden. Vorzüge der Tiegelstahlmethode. Schraatschmiederei 223. § 119. Einmalschmelzerei für verschiedene Stahlarten 224. § 120. Lage des Herdfrischprocesses 225.

C. Verlauf der Flammofenfrischprocesse 225
§ 121. Der Puddelprocess. Princip und Ausführung 226.

Normaler oder typischer Verlauf des Puddelprocesses 226
§ 122. Allgemeines. Puddeln auf Sehne. Puddeln auf Korn. Ofenbau. Erste Veränderung des Einsatzes 226. § 123. Weiterer Process. Abnahme des Siliciums. Umwenden. Garende Zusätze 227. § 124. Fortgang des Processes. Fortschreitende Beseitigung der Nebenbestandtheile. Entkohlung und Entphosphorung 228. § 125. Crystallisation des Eisens. Theilung der „Luppen" 228. § 126. Modificationen des Processes bei verschiedenem Vorhandensein des Siliciums 228. § 127. Wechselnde Einflüsse des Mangans 229. § 128. Verhalten und Elimination des Phosphors. Anzuwendende Mittel 230. § 129. Verhalten der Eisenoxyde gegenüber dem Phosphor. Verfahren von Krupp und Bell 231. § 130. Versuche mit niederrheinischem, Ilseder und Luxemburger Roheisen 232.

Die Schlacke des Puddelprocesses und ihre Veränderungen 233
§ 131. Eigenschaften der Schlacke. Gesetz der Schlackenbildung und Aenderung nach Urbin. Perioden des Processes 233. § 132. Uebergänge der einzelnen Perioden bei verschiedenen Eisensorten 233. § 133. Einzelsätze Urbin's betreffs der Schlacken 234. § 134. Die Rückkohlungsfrage 234. § 135. Belgische Praxis nach Urbin. Der trockene und kalte Gang. Der heisse Gang 235. § 136. Mittel zur Veränderung der Schlackenzusammensetzung. Kohlenqualität 235. § 137. Richtige Mischung des Einsatzes 236. § 138. Beispiele: Hochgekohltes Eisen mit raschfrischendem. Kaltbruch mit festem Roheisen 237. § 139. Benutzung der Schlacke und der Betriebsabfälle. Gebrauch der Zängeschlacke 238.

Untersuchungen und Belege . 238
§ 140. Analytische Ausweise über die Veränderungen der Puddelofenschlacke. Arbeiten von Dr. Karl List 238. § 141. Zusammenstellung der Resultate 239. § 142. Arbeiten Lan's 240. § 143. Untersuchungen Dr. Drassdo's 240. § 144. Analytische Ergebnisse derselben 241. § 145. Schilling's Untersuchung eines Puddelprocesses auf Stahl 242. § 146. Rechnungen auf Grund der analytischen Ergebnisse 243. § 147. Einfluss der Ofengase auf den Oxydationsprocess 243. § 148. Arbeit von Dr. Julius Kollmann 248. § 149. Dessen Analysen 245. § 150. Kohlung des Korns in der Schmauchflamme 245. § 151. Untersuchungen von Louis 245.

Unterscheidung verschiedener Puddelprocesse 246
§ 152. Hauptunterscheidungsmerkmale. Sehnepuddeln, Kornpuddeln, Stahlpuddeln 246.

Diagramme der Puddelprocesse . 247
§ 153. Graphische Darstellung der analytischen Resultate. Verzeichnung der Abnahmecurven für die Nebenstoffe 247. § 154. Berechnung der absoluten Verhältnisse 248. § 155. Andeutung des Rechnungsweges 248. § 156. Aufstellung der Diagramme 250. § 157. Umrechnungen 250.

D. Verlauf der Windfrisch- oder Converterprocesse. 252
§ 158. Verfahren Bessemer's. Verfahren von Thomas und Gilchrist 252. § 159. Theorie der Converterprocesse 252.

Allgemeiner Verlauf der Converterprocesse 253
§ 160. Uebersicht 253. § 161. Modificationen 254.

Calorische Grundlagen der Converterprocesse 255
§ 162. Anfängliche Zweifel an der Ausführbarkeit der Idee Bessemer's. Ermittelungen von Jordan, Rinman, Kupelwieser, Akerman. Grösse der Wärmesteigerung beim Process 255. § 164. Akerman'sche Aufstellung. Verbrennungswärme des Kohlenstoffes 256. § 165. Verbrennungswärme des Siliciums 256. § 166. Werth der Phosphorverbrennung 256. § 167. Mangan- und Eisenverbrennung 257. § 168. Temperaturberechnungen von Dr. Müller 257. § 169. Diagramme 257.

Verlauf und Theorie des sauren Processes oder des eigentlichen Bessemerns 259
§ 170. Allgemeines 259. § 171. Beispiele: Königin Marienhütte 259. § 172. Aelterer Betrieb in Hörde 260. § 173. Vergleich der Cupol- und Flammöfen beim Bessemerprocess 260. § 174. Schilderung des später in Hörde umgehenden Betriebes 261. § 175. Chargenverlauf 262. § 176. Englische Verhältnisse nach André 263. § 177. Königshütte. Arbeit von Hasenöhrl 263. § 178. Beschreibung des Verfahrens. Einschmelzen 264. § 179. Eintreten in die Oxydationsperiode 265. § 180. Tschernoff's Beschreibung des Chargenverlaufs auf den Obouchoff'schen Werken 266. § 181. Bessemer-Spektrum. Roscoe's erste Arbeiten 267. § 182. Arbeiten von Wedding, Watt u. A. Unsicherheit der Spektralbeobachtungen bei dem Converterprocess 268.

Analytische Untersuchungen des Bessemerprocesses 269
§ 183. Kupelwieser's Untersuchungen auf der Bessemerhütte zu Neuberg 269. § 184. Analytische Aufklärung des Processes zu Dowlais von Snelus 270. § 185. Untersuchungen von Dr. Kessler in einer Arbeit von Garcke 272. § 186. Garcke's Berichte über die Untersuchungen von Elliot Barker auf den Atlas Works zu Sheffield und über eine Charge bei Hoesch, Dortmund 272. § 187. Arbeiten von Dr. Müller 273. § 188. Seine Diagramme. Stahlwerk Osnabrück 274. § 189. Zweites Diagramm, ebendaher 274. § 190. Stahlwerk Hösch 275. § 191. Gussstahlfabrik in Bochum 276. § 192. Müller's Beobachtung der Reaktion beim Zusatz von Spiegeleisen 276. § 193. Seine weiteren Untersuchungen 277. § 194. Allgemeine Folgerungen 278. § 195. Bedingungen der verschiedenen Modificationen. Deutscher Process 278. § 196. Englischer und schwedischer Process 279.

Seite

Die Schlacken des Bessemerprocesses . 279
§ 197. Allgemeines. Aussehen und Eigenschaften 279. § 198. Crystallform. Folgerungen Vogt's 280. § 199. Zusammensetzung der Bessemerschlacken nach Kupelwieser u. A. 281. § 200. Ausnahmeverhältnisse nach King 282. § 201. Schlacken des schwedischen Processes nach Tamm 282. § 202. Abweichung der Schlackenzusammensetzung beim deutschen Bessemerprocesses 282.

Die Gase des Bessemerprocesses . 283
§ 203. Untersuchungen von Snelus 283. § 204. Arbeiten von Tamm 284.

Verlauf und Theorie des basischen Processes oder des Thomasirens 285
§ 205. Allgemeines. Anfängliche Schwierigkeiten und Erfahrungen 285. § 206. Weitere Entwickelung 285. § 207. Untersuchung einer Studiencharge von Kupelwieser. Diagramm 286. § 208. Studien über den basischen Process von Dr. Müller. Diagramm 287. § 210. Seine weiteren Untersuchungen über die Entphosphorung 288. § 211. Untersuchungen Dr. Finckener's auf dem Hörder Stahlwerke. Diagramm 289. § 212. Seine weitere Untersuchung auf den rheinischen Stahlwerken. Diagramm 290. § 213. Untersuchungen von Stead. Diagramm 290. § 214. Neuere Untersuchungen von Dr. Müller über das Nachblasen 291. § 215. Analysenergebnisse 292. § 216. Folgerungen 292. § 217. Verlauf der Phosphorausscheidung 293. § 218. Betrachtung des Sauerstoffverbrauchs 294. § 219. Besondere Wärmequellen des Thomasprocesses 294.

Die Schlacken des basischen Processes . 295
§ 220. Verhältniss zwischen den Hauptbestandtheilen. Berechnungen von Ehrenwerth's 295. § 221. Tabelle über die relativen Mengen Silicium und Zuschlag 296. § 222. Tabelle, unter anderen Voraussetzungen berechnet 296. § 223. Schlackenanalysen 297. § 224. Auffindung eines besonderen Phosphates in der Hörder Schlacke durch Hilgenstock 297. § 225. Wissenschaftliche Untersuchungen von Dr. von Groddeck und Dr. K. Brookmann 298. § 226. Hilgenstock's theoretische Betrachtung über die Entstehung der Thomasschlacke 299. § 227. Fortsetzung 300. § 228. Das vierbasische Phosphat als angeblicher Träger des Thomasprocesses 300. § 229. Verlauf des Thomasirens nach Hilgenstock 301. § 230. Resumé 301. § 231. Weitere Untersuchungen von Thomasschlacken 302.

Verwerthung der Thomasschlacke . 302
§ 232. Nützlichkeit derselben 302. Scheibler's Verfahren 303. Frank's Vorschläge 303.

E. Verlauf anderer Frischprocesse . 303
§ 233. Das Salpeterfrischen. Verbindungen mechanischer Puddelmethoden mit starken Erz- und Schlackenfuttern. Benutzung von Windkrücken 303.

4. Kapitel. Theorie und Verlauf der übrigen Darstellungsprocesse 304
§ 234. Einleitung und Eintheilung 304.

A. Theorie und Verlauf des Siemens-Martin-Processes 304
§ 235. Einleitung 305. § 236. Eigenthümlichkeit des Processes. Wichtigkeit einer hohen Temperatur 306. § 237. Theorie des Processes. Arbeit von M. Jungk 306. § 238. Definition Ledebur's 307. Einfluss bestimmter Nebenbestandtheile 307.

Verlauf des sauren Siemens-Martin-Processes 307
§ 239. Schilderung des Verlaufs 307. § 240. Untersuchungen Jungk's 308. § 241. Veränderungen in der äusseren Beschaffenheit des Metalls. Beispiel 309. § 242. Chemische Veränderungen des Satzes 309. § 243. Die Wandlung und Natur der Schlacke 310. § 244. Untersuchungen und Resultate von Kollmann 310. § 245. Aussprüche anderer Schriftsteller: Jeans, 311. § 246. Fortsetzung: Lilienberg 212. § 247. Betriebsdetails der Martinöfen von Alexandrowsky bei Petersburg 312. § 248 Arbeit bei grösserem Eisensatz 313. § 249. Darstellung blasenfreier Gusswaare 314.

Verlauf des basischen Siemens-Martin-Processes 314
§ 250. Entphosphorung im Flammofen überhaupt 314. § 251. Basisches Verfahren in Alexandrowsky 315. § 252. Bemerkungen über basischen Betrieb von Egleston 316. § 253. Betrieb zu Brymbo 316. § 254. Fortsetzung: Behandlung der Einsätze. Abziehen der Schlacke 317. § 255. Probenehmen. Abstich 318.

E. Theorie und Verlauf der Erzstahlprocesse, besonders des Siemens- oder Landore-Processes . 319
§ 256. Einleitung. Seine Erfinder: Réaumur, Uchatius 319.

Theorie des schmiedbaren Gusses und Verlauf seiner Herstellung 319
§ 257. Definition. Geeignetes Material 319. § 258. Wahl und Behandlung des Umschmelzungs- und Giessverfahrens 321. § 259. Formen, Giessen und Putzen der Gegenstände 321. § 260. Das Tempern, als Hauptarbeit des Processes 321. § 261. Versuche von Davenport 322. § 262. Untersuchungen von Forquignon. Tempern von Musterstücken 323. § 263. Fortsetzung und Resultate 323. § 264. Temperversuche in Hämatit. Tabelle 324. § 265. Erläuterung der in der Tabelle angegebenen Resultate 326. § 266. Schlussfolgerungen 327.

Theorie und Verlauf der Erzstahlprocesse 327
§ 267. Vorläufer des Siemens-Stahlprocesses. Uchatius, Ellershausen u. A. 327. § 268. Aelterer Betrieb zu Landore nach Tunner 328. § 269. Jeans' Untersuchungen 328. § 270. Einflüsse des Ofenbaues und -betriebes wegen der erforderlichen Dünnflüssigkeit der Schlacke 328. § 271. Vortrag Willis' über die Reactionen im Stahlprocesse auf offenem Herd 328. § 272. Neuere Betriebseinzelheiten zu Landore 329.

Seite

C. Theorie und Verlauf der Kohlungsprocesse des Stabeisens und der damit verbundenen weiteren Verarbeitung . 330
§ 273. Cementirprocess 330. § 274. Versuche von R. Mannesmann. Resultate 331. § 275. Analysen von Cementstahl 332. § 276. Ausführung und Verlauf des englischen Gussstahlprocesses 333. § 277. Geeignete Roheisensorten 333. § 278. Behandlung des rohen Cementstahles 334. § 279. Apparate zur Ausführung der Cementation 335. § 280. Umschmelzapparate des englischen Gussstahlverfahrens 335.

D. Theorie und Verlauf der übrigen, besonders der deutschen Gussstahlprocesse 336
§ 281. Nachahmungen des englischen Verfahrens 336. § 282. Berechnung der Einsätze 337. § 283. Die Schmelzungen. Beobachtungen beim Guss 337.

Anhang zum 1. Abschnitt . 338
§ 284. Andere Darstellungsarten des schmiedbaren Eisens. Glühstahlprocess. Der Wootz- oder Damaststahlprocess 338.

Zweiter Abschnitt. Anlage und Betrieb der zur Ausführung des direkten Processes erforderlichen Einrichtungen . 339
§ 285. Allgemeines und Stofftheilung 339.

1. Kapitel. Anlage und Betrieb der zur Ausführung der alten Rennprocesse erforderlichen Einrichtungen . 339
§ 286. Princip und Construction der Herde 339. § 287. Bauliche Ausführung eines Rennfeuers nach Francois und Richard 340. § 288. Bauart der deutschen Rennschmiede oder der deutschen Luppenfeuer nach Karsten 341. § 289. Die korsischen Rennherde. Ihre Construktion 341. § 290. Verpflanzung des deutschen Rennfeuers nach Nordamerika 342. § 291. Bauart des amerikanischen Rennfeuers 343. § 292. Betrieb nach Egleston 343. § 293. Behandlung der Schlacke. Leistungen 344.

2. Kapitel. Anlage und Betrieb der zur Ausführung der neueren Rennarbeiten erforderlichen Einrichtungen . 345
§ 294. Einleitung. Chenot'scher Process 345. § 295. Renton's Ofen. Versuche von Paillette 346. § 296. Gurlt's Roheisendarstellung mit Gas oder die Verhüttung der Eisenerze mit indirekter Benutzung des Brennmaterials 346. § 297. Ofen von Rogers 347. § 298. Retortenofen von W. Siemens 347. § 298. Retortenapparat von Ponsard und Boyenval 348. § 300. Siemens'sche Versuche auf flüssige, geschmolzene Erze durch Kohle einzuwirken 348. § 301. Rotator von Siemens. Sein Betrieb 349. § 302. Seine Resultate 350. § 303. Versuche Ireland's, Dupuy's u. A. 350.

Dritter Abschnitt. Anlage und Betrieb der zur Ausführung der sämmtlichen Frischprocesse erforderlichen Einrichtungen 351
§ 304. Eintheilung 351.

1. Kapitel. Anlage und Betrieb der zur Ausführung der Herdfrischprocesse erforderlichen Einrichtungen . 315
§ 305. Einleitung. Oberschlesisches Doppelfrischfeuer 351. § 306. Gicht und Windführung 352. § 307. Sein Betrieb und Resultate 353. § 308. Lancashire-Ofen mit angeschlossenem Glühofen 355. § 309. Gebläse. Ihre Entwickelung 355. § 310. Kolbengeschwindigkeit und Leistung 356. § 311. Hammerwerk oder Geschläge 357. § 312. Stiel- und Aufwerfhämmer 357. § 313. Fundamentirung und Befestigung 357. § 314. Anlage einer Frischhütte 358. § 315. Brennmaterialverbrauch 360.

2. Kapitel. Anlage und Betrieb der zur Ausführung der Flammofenfrischprocesse erforderlichen Einrichtungen . 360
§ 316. Einleitung und Eintheilung 360.

A. Die Einrichtungen zur Vorbereitung des Roheisens für die Flammöfen und andere Frischprocesse . 360
§ 317. Das englische Feineisenfeuer 360. § 318. Neuere Ofenanlage nach Krupp oder Bell 361. § 319. Eck's Gasflammofen für Kohlenklein 362. § 320. Construktion und Ausführung 362.

B. Die Einrichtungen zu der Ausführung des Flammofenfrischens 363
§ 321. Der Puddelofen 363. § 322. Puddelofen mit Planrost und Steinkohlenheizung 363. § 323. Puddelofen mit Treppenrost. Herdkühlung 364. § 324. Puddelofen für kleineren Betrieb 366. § 325. Beispiele von anderen Feuerungsverhältnissen und Brennmaterialien 367. § 326. Die Grundzüge der metallurgischen Gasfeuerungen 367. § 327. Die Vergasung in den Generatoren. Siemens' Construktionen. Anwendung von Körting'schen Gebläsen 368. § 328. Generatoren von Boëtius und von Bicheroux 369. § 329. Betrieb der Generatoren 369. § 330. Erzielung einer hohen Temperatur. Vorwärmung der Luft 370. § 331. Anwendung auf den Puddelprocess 370. § 332. Gorman's Construktion. Ponsard's und Gaillard-Haillot's Rekuperatoren 371. § 333. Luftvorwärmung im Bicheroux-Ofen. Seine Construktion und Anwendung 371. § 334. Gasfeuerung. System Boëtius 372. § 335. Einrichtung der Luftvorwärmung 373. § 336. Gasfeuerung für Torf, Braunkohle, Holz 373. § 337. Gaspuddelofen für Torfverwendung 374. § 338. Puddelofen von Fahlberg mit direkter Braunkohlenfeuerung 377. § 339. Gasfeuerung mit in Regeneratoren erhitzter Luft von v. Ehrenwerth 377. § 340. Mechanische Puddler und bewegliche Puddelöfen 378. § 342. Dormoy's rotirender Quirl. Brooman'sche Vorrichtung 378. § 343. Rührer von Espinasse 379. § 344. Mechanische Puddelöfen von Oestlund 379. § 345. Construktion von Howson und Godfrey 380. § 346. Oefen von Bessemer und von Menelaus 380. § 347. Rotirender Puddelofen von Danks 381. § 348. Seine Eigenthümlichkeiten 381. § 349. Der Einbau des Futters 382. § 350. Einschmelzvorrichtungen 382. Swain's Cupolofen 383. § 351. Betrieb

Seite

einer Danksanlage 383. § 352. Resultate 384. § 352. Die Winslow'sche Quetsche 384. § 354. Rotirender Ofen von Sellers in Philadelphia. Spencer's Ofen 385. § 355. Ofen von Howson und Thomas 386. § 356. Ofen von Crampton 386. § 357. Pernot-Ofen 387. § 358. Betrieb 388. § 359. Verbesserter Danksofen 389. § 360. Schaukelöfen von Daelen und J. Menessier 389. § 361. Vergleichende Zusammenstellung der Puddelofenmaasse 390. § 362. Abmessungen und Verhältnisse nach Beckert 391. § 363. Construktionsprincipien von Urbin 391. § 364. Anlagen zur Ausnutzung der abziehenden Gase 392. § 365. Stehende Kessel 393. § 366. Andere Kesselconstruktionen 395. § 367. Disposition ganzer Anlagen zum Puddelbetrieb 396.

3. Kapitel. Anlage und Betrieb der zur Ausführung der Converterprocesse erforderlichen Einrichtungen 397
§ 368. Allgemeines und Eintheilung 397.

A. Anlage und Betrieb der Oefen zum Umschmelzen des Roheisens 397
§ 369. Verschiedene Constructionen. Flammöfen mit Stein- oder Braunkohlenfeuerung 397. § 370. Kupolöfen. Bauart 398. § 371. System Ireland's 398. § 372. Oefen für Spiegeleisen und andere Zusätze 399. § 373. Beispiele für die Benutzung der Flammöfen 400. § 374. Einrichtung und Betrieb von Regenerativgasfeuerungen 400.

B. Anlage und Betrieb der Converter. Aufstellung und Bewegung derselben . 401
§ 375. Beschreibung der Converter. Profile 401. § 376. Armatur 402. § 377. Amerikanische Converter und Armaturen 402. § 378. Gürtelconstruktionen für basische Processe 403. § 379. Der Untertheil nebst Boden 405. § 380. Theilung und Befestigung 405. § 381. Die Losbodenconstruktion 406. § 382. Anbringung des Windkastens und der Leitung 406. § 383. Gründe für die bequeme Auswechselung des Bodens 407. § 384. Die Mündung oder Schnauze des Converters 407. § 385. Andere Construktionen: von Kupelwieser, von Windsor Richards 408.

Ausfütterung der Converter 409
§ 386. Die Futterfrage überhaupt. Eintheilung 409.

Material und Herstellung saurer Converterfutter 409
§ 387. Ganister. Verwendbarkeit scharfer Sande 409. § 388. Verschiedenartigkeit der Ausfütterung. Steinfutter 409. § 389. Ausfütterung des Bodens 410. § 390. Nachtheile der Anwendung von „Feren". Lilienstern'sche Methode 411. § 391. Beispiel: Ausstampfen des Bodens 412. § 392. Des Obertheiles 412. § 393. Zusammensetzung und Herrichtung zum Betriebe 413.

Material und Herstellung basischer Converterfutter 413
§ 394. Besprechung. Thomas'sche Patente. Frittung von *CaO* und *MgO* 414. § 395. Herstellung und Aufbewahrung der Steine 414. § 396. Zusammensetzung der Dolomite. Analysen 415. § 397. Veränderung der magnesiahaltigen Kalke und der Dolomite beim Brennen 415. § 398. Benutzung anderer Stoffe und Stoffmengen. Scheibler's Patent 416. § 399. Bindemittel für Dolomit. Verfahren von Thomas. Patent von Althans, Junghann und Uelsmann 417. § 400. „Todtbrennen" des basischen Materials 417. § 401. Zubereitung des Dolomitfutters 418. § 402. Darstellung der Ziegel 418. § 403. Die Ausfütterungsarbeiten: Ausmauern oder Ausstampfen 419. § 404. Schluss der Betrachtungen: Hilfsvorrichtungen 420. § 405. Hydraulische Hebezeuge. Elevatoren von Egleston 420. § 406. Retortentransportwagen der Domnarfvet Eisenhütte 422. § 407. Bauart der entsprechenden Retorte 423.

Grundsätze bei der Dimensionirung 424
§ 408. Wichtigkeit der Badtiefe 424. § 409. Mittlerer Querschnitt des Converterinnern. Tabelle 424. § 410. Grössenverhältniss zwischen alten und neuen Convertern 425.

Kleinbetrieb 424
§ 411. Veranlassung zur Verkleinerung der Converter 426. § 412. Betriebsführung in Avesta 427. § 413. Kritik von Trappen 428. § 414. Dessen Vorschläge für Kleinbessemerbetrieb 428. § 415. Entwurf einer solchen Anlage 429. § 416. Feststehender kleiner Converter von Clapp und Griffith 429. § 417. Seine Anwendung und Bedeutung für Amerika 430. § 418. Der Whiterow'sche Converter 430. § 419. Converter von Hatton 432. § 420. Oliver'sche Anlage zu Pittsburg 432. § 421. Besondere Merkmale des Clapp-Griffith'schen Processes 433. § 422. Versuche 433. § 423. Mittheilung Davy's über Gross- und Kleinbessemerbetrieb 434. § 424. Schwingender Converter von Walrand-Delattre. Versuche in Hollerich, Fraisans, Stenay 435. § 425. Einrichtung einer Walrandanlage 435.

Aufstellung und Bewegung der Converter 437
§ 426. Bessemer's ursprüngliche Lagerung 437. § 427. Andere, neuere Aufhängung 437.

Die Wendevorrichtungen der Converter 438
§ 428. Ueber die Art der Bewegung: hydraulische oder durch Handbetrieb; stehende oder liegende Anordnung 438. § 429. Typus der verticalen Aufstellung. Beispiele 439. § 430. Andere Arten 439. § 431. Construktionsdetails: Getriebe 440. § 432. Cylinder und Kolben 441. § 433. Dispositionen in amerikanischen Bessemerhütten 442. § 434. Typus der horizontalen Aufstellung. Beispiele 433. § 435. Doppelte Uebersetzung zwischen Wendecylinder und Converter 444.

C. Von der Einrichtung der Giesskrahne und Giesswagen 445
§ 436. Giesspfannenkrahn oder Stahlkrahn. Hauptdetail: Taucher- oder Plungerkolben. Beispiele 445. § 437. Charakteristik der einzelnen Systeme 447. § 438. Betrachtung der Wirkungsweise der hydraulischen Hebevorrichtungen 447. § 439. Construktion des Plungers. Praktische Beispiele 448. § 440. Dichtung des Plungers 449. § 441. Verbindung des Treibkolbens mit dem Ausleger. Verschiedene Anordnungen 449. § 442. Construktion der Giesspfannen 450. § 443. Verschiebbarkeit 450.

Seite

§ 444. Bau der Ausleger. Beispiele 451. § 445. Neuere Construktionen. Stahlkrahn Whrightson's 452. § 446. Ausführung für die North Eastern Steel Comp. 453. § 447. Neuere Krahnconstruktion 453.

Die Giesswagen und fahrbaren Krahne . 453

§ 448. Transportwagen für flüssiges Roheisen 453. § 449. Combinationen von Stahlkrahnen und von fahrbaren Pfannen 454. § 450. Einrichtung im Bochumer Stahlwerk 455. § 451. In der Gutenhoffnungshütte 455. § 452. Giesspfannenwagen von Daelen 457. § 453. Ersatz der gewöhnlichen durch fahrbare Giesskrahne. Construktion von Trappen 458. § 454. Beschreibung 459.

D. Gussformen und Durchweichungsgruben 459

§ 455. Gussformen überhaupt 459. § 456. Gestalt und Grösse der Blockformen 460. § 457. Ihre Aufstellung. Beispiele 460. § 458. Blockformengruppe von Kurzwernhart und Bertrand 461. § 459. Versuche des Stahlcomprimirens beim Giessen. System Whitworth. Bericht von Thurston 461. § 460. Verfahren von Krupp 462.

Die Durchweichungsgruben . 463

§ 461. Gjers' und Cooper's Patente 463. § 462. Bauliche Ausführung 463.

E. Nebenapparate und Geräthe . 464

§ 463. Allgemeine Uebersicht 464.

Transporteinrichtungen . 464

§ 464. Eintheilung 464. § 465. Der Ingot- oder Blockkrahn 464. § 466. Plungerconstruktion. Beispiele 465. § 467. Anordnung von Bredt 466. § 468. Sonstige Krahne und Winden 466. § 469. Beispiele 467. § 470. Aufzüge. Ausführungen und Beispiele 468. § 471. Beispiel von Musil 470.

Accumulatoren und dazu gehörige Pumpen 471

§ 472. Allgemeines über die Pumpenanlagen 471. § 473. System Holley & Cons. 471. § 474. Accumulator mit Wasserbelastung nach Musil 472. § 475. Construktion des Treibcylinders 473. § 476. Belastungsgewicht 473. § 477. Art der Führung 474. § 478. Aeltere Accumulatorconstruktion 474.

Vertheilungs- und Steuerapparate . 474

§ 479. Einleitung. Art der Verwendung 475. § 480. Verschiedenheit der Steuerungsorgane 476. § 481. Arten der Steuerung 477. § 482. Anordnung von Musil 477. § 483. Neuere Steuertischanordnung 478. § 484. Details: Cylinder- oder Kolbenschieber 481.

Gebläse . 482

§ 485. Arten derselben 482. § 486. Die liegenden Gebläsemaschinen 483. § 487. Ihr Bau 483. § 488. Details: Der Windcylinder 484. § 489. Ventil- und Klappenconstruktion 485. § 490. Anwendung gesteuerter Ventile und Schiebercombinationen 485. § 491. Combinirte Ventilconstruktion in Prävali. Desgleichen von Tannet, Walker & Co. 486. § 492. Riedler's Ventilconstruktion 487. § 493. Steuerungslehre 487. § 494. Bau der stehenden Gebläse 488. § 495. Gebläse der Märkischen Maschinenbauanstalt für Seraing 488. § 496. Gebläse zu Oberhausen und zu Bochum 489. § 497. Balanciergebläse zu Crownpoint Iron Works 489. § 498. Details der Gebläse: Dampfsteuerungen 490. § 499. Windcylinder und Windsteuerung 490. § 500. Beispiele für die Ausführung von Bessemergebläsen 491. § 501. Patentconstruktion von Leyser und Stiehler 491. § 502. Wittenström's Gebläse 493. § 503. Gebläse zu Heft nach Ritter's Patent 494. § 504. Detailbeschreibung 495. § 505. Ventile 496. § 506. Resultate dieser Construktion 496. § 507. Gebläse eines westfälischen Stahlwerkes, nach Riedler umgestaltet 497. § 508. Gebläse im Neuberger Stahlwerk 498. § 509. Gebläse von Kladno 499.

Nachträge zur Ausrüstung der Converterbetriebe 500

§ 510. Brennöfen 500. § 511. Zerkleinerungsapparate 500. § 512. Bodenhebe- und Anschlussvorrichtung 501.

Vierter Abschnitt. Anlage und Betrieb der zur Ausführung sämmtlicher Legirungs- und Kohlenprocesse sowie sonstiger combinirter Darstellungsprocesse erforderlichen Apparate und Einrichtungen . 502

§ 513. Einleitung und Stofftheilung 502.

1. Kapitel. Anlage und Betrieb der Apparate und Einrichtungen zur Ausführung der Siemens-Martinprocesse 502

§ 514. Einleitung 502.

A. Von den Schmelzöfen . 503

§ 515. Begriff der Regenerativöfen 503. § 516. Construktionen von Siemensöfen 503. § 517. Die Wärmespeicher oder Regeneratoren 504. § 518. Kammern und Gewölbe 505. § 519. Generatoren von Siemens 505.

Construktion des Schmelzofens . 505

§ 520. Der Siemens'sche Schmelzofen u. a. 505. § 521. Construktionen 507. § 522. Dimensionirung der Feuerzüge 507. § 523. Ausnutzung der Oefen 507. § 524. Brennmaterialverbrauch bei gegebenen Chargen 508. § 525. Bestimmung der Gasmenge 508. § 526. Berücksichtigung der im Ofen herrschenden Temperaturen. Nach Krans, Vicaire etc. 509. § 527. Luftberechnung 510. § 528. Verhältniss der Luft zum Gase 510. § 529. Die Eintrittstemperatur der Gase in die Regeneratoren 511. § 530. Das Wesen der Regeneration 512. § 531. Die Grenzen der Regeneration von de Boischevalier 512. § 532. Die Grenzen für reines Kohlengas 513. § 533. Solche für die Luftgeneratoren 514. § 534. Vergleich beider Regeneratoren 514. § 535. Vorwiegen der Regeneration durch die Luft 515.

Seite

§ 536. Beweis für diese Nothwendigkeit. Vergleich der Wärmeüberführung für Maximal-Gas- und Maximal-Luftregeneration 515. § 537. Derselbe für 500⁰ heisse Gase 516. § 538. Folgerungen für die Maasse der Regeneratoren 516. § 539. Fortsetzung. Berechnung der Gittersteine 517. § 540 Praktische Verhältnisse für die Steingitter 518. § 541. Beispiele von Regeneratoren 518. § 542. Bauliche Gestaltung der Luft- und Gaskammern; der Mündungen 518. § 543. Ermittelung der Maasse für die Verbrennungsräume 519. § 544. Praktische Dimensionirung der Ofenräume 520.

Details der Gasflammöfen zur Ausführung des Siemens-Martinprocesses 521

§ 545. Bauliche Details. Der Herd. Ausgeführte Oefen 521. § 546. Weitere Beispiele 521. § 547. Neuere Oefen 522. § 548. Anschluss an die Feuerbrückenwände 522. § 549. Gestaltung des Schmelzraumes. Bau des Gewölbes 522. § 550. Construktion der Feuerzüge. Ausgeführte Oefen 523. § 551. Wirkungen der Stichflamme 524. § 552. Details der Regeneratoren 524. § 553. Vertheilungs- oder Wechselventile 526. § 554. Die Drosselklappenwechsel 527. § 555. Neuere Constrüktionen von Siemens 527. § 556. Hahnconstruktion 529. § 557. Einfache Wechselconstruktion mit gekammerten, drehbaren Glocken 529. § 558. Die Giessvorrichtungen 529. § 559. Vermeiden von Krahnen. Einrichtung auf dem Stahlwerk der Nordwestbahn in Crewe 531. § 560. Stellung der Oefen 531. § 561. Andere Dispositionen der Regeneratoren 534. § 562. Regeneratoren von Dick und Riley 536. § 563. Riley's Versuche auf den Newton-Eisenwerken. Unabhängigkeit der Herdaufstellung und der Regeneratoren 537. § 564. Resultate 537. § 565. Constrüktionsversuche von Steffen. Trennung und Nebeneinanderstellung von Oefen und Wärmespeichern 538. § 566. Stellung der Oefen 538. § 567. Die Regeneratoren 539. § 568. Neuere Mittheilungen über den Bathoofen 541. § 569. Schmelzofen mit abnehmbarem Gewölbe von Koppmayer 541.

Bewegliche Siemens-Martinöfen . 542

§ 570. Zusammenstellung der verschiedenen Constrüktionsprincipien 543. § 571. Bau des Pernotofens 543.

Von den Generatoren . 544

§ 572. Vorzüge der Blockanordnung für die Siemens-Martinöfen 544. § 573. Beispiel. Generator zur Vergasung von Steinkohlen von wenig backender Beschaffenheit 544. § 574. Die Rostconstruktion 545. § 575. Einzelheiten 545. § 576. Details: Deckengewölbe, Füllkasten, Visire 547. § 577. Benutzung geblasener Apparate bei höheren Brennstoffschüttungen 547. § 578. Ueber stark geblasene Schachtgeneratoren 548. § 579. Der Lundin'sche Ofen für Sägemehlverbrennung 549. § 580. Neuere Construktion 552. § 581. Der Gröbe-Lürmann'sche Generator 551. § 582. Entwurf einer Martinanlage von Steffen 552. § 583. Neueste Combinationen von Generator und Ofen 552.

B. Von den Vorbereitungsöfen . 553

§ 584. Definition. Specielle Arten von Boëtius und Bicheroux 553.

C. Von den Nebenapparaten zum Giessen 554

§ 585. Uebersicht und Hinweis 554.

2. Kapitel. Anlage und Betrieb der Apparate und Einrichtungen zur Ausführung der Erzstahlprocesse . 554

§ 586. Eintheilung 554.

A. Anlage der Apparate und weitere Betriebsangaben über den Landore- sowie den neuen Siemens-Erzprocess . 554

§ 587. Der Landoreprocess 554. § 588. Construktion des Ofens 555. § 589. Neuestes Patent von Friedrich Siemens 555. § 590. Einrichtung seines Reduktions- und Schmelzofens 556.

B. Anlage der Apparate und weitere Betriebsangaben zur Ausführung des schmiedbaren Gusses . 558

§ 591. Apparate der Umschmelzung 558. § 592. Apparate für das Tempern. Ofen von West-Bromwich 559. § 593. Andere Ofenconstruktion und Betriebsweise 560. § 594. Ofen von Tenwick. Vorkehrungen gegen die Verschwendung der Wärme 560. § 595. Ofen von Francis 561.

3. Kapitel. Anlage und Betrieb der Apparate und Einrichtungen zur Ausführung der Cementations-, Gärb- und Gussstahlprocesse 562

§ 596. Definition des Cementirens 562. Eintheilung der Apparate 563.

A. Apparate und Einrichtungen der Cementation 563

§ 597. Beschreibung eines Cementirofens 563.

B. Gussstahlschmelzöfen . 564

§ 598. Bauart und Wirkungsweise der Tiegelöfen 564. § 599. Anordnung und Aufstellung der Windöfen 565. § 600. Führung und Resultate des Betriebes 565. § 601. Flammofen zum Tiegelschmelzen von Kocher 567. § 602. Anwendung der Siemens'schen Gasöfen. Beschreibung eines solchen Tiegelofens 567. § 603. Die Fabrikation der Tiegel. Bestandtheile der Tiegelmasse 569. § 604. Zusammensetzungen für Thon und Graphit- oder Kohlentiegel 570. § 605. Tiegelpressen 571. § 606. Behandlung und Haltbarkeit 572. § 607. Brennen der Tiegel 572.

4. Kapitel. Anlage und Betrieb der Apparate und Einrichtungen zur Ausführung der auf Legirung beruhenden Gussstahlprocesse 572

§ 608. Allgemeines. Apparate und Tiegelöfen 573. § 609. Krigar'sche Cupolöfen. Cupolöfen von Ibrügger 574.

Seite

Zweite Abtheilung. Die Vollendungsarbeiten des schmiedbaren Eisens 575
§ 610. Einleitung und Stofftheilung 575.

Erster Abschnitt. Uebersicht der sämmtlichen Vollendungsarbeiten für das schmiedbare Eisen . 577
§ 611. Uebersicht und Eintheilung 577.

1. Kapitel. Das Zängen und Dichten des Schweisseisens aus dem Rennfeuer-, Herd- und Flammofenfrischprocess . 577
§ 612. Abzängen und Zerhauen des Deuls 577. § 613. Zängen der Puddelluppen. Luppenquetschen und Mühlen 578. § 614. Behandlung der Luppe beim Schmieden 678. § 615. Das Auswalzen der Luppen 579.

2. Kapitel. Die weitere Verarbeitung des schmiedbaren Eisens unter Hämmern und Walzwerken . 580
§ 616. Uebersicht und Eintheilung 580.

A. Die Schweissbarkeit des schmiedbaren Eisens 581
§ 617. Begriff der Schweissbarkeit. Wirkung der Nebenbestandtheile 581. § 618. Einwirkung des Kohlenstoffes 581. § 619. Einwirkung des Siliciums 582. § 620. Wirkungen des Phosphors und des Arsens 583. § 621. Wirkungen des Schwefels und des Sauerstoffs 583. § 622. Einfluss des Mangans auf die Schweissbarkeit 583. § 623. Fachmännische Urtheile 584. § 624. Einfluss der Molekularstruktur 584. § 625. Versuche von Dr. Th. Fleitmann über Zusammenschweissen von Eisen und Nickel 585.

B. Das Packetiren der Rohschienen, sowie das Vorrichten sonstiger Schweissarbeiten . 585
§ 626. Begriff des Packetirens (Gärbens) 585. § 627. Einfache und zusammengesetzte Packetirung 586. § 628. Beispiele für Packetirungen von Flacheisen 587. § 629. Zusammengesetzte Packetirungen. Schienen mit besonderem Kopfmaterial 590. § 630. Weitere Einzelheiten 591. § 631. Packetirung für einfache und Doppel-T-Eisen 592. § 632. Scheeren und andere Trennvorrichtungen 593.

C. Das Vorblocken für die Flusseisenblöcke, beziehungsweise die Herstellung verschiedener Materialdimensionen . 593
§ 633. Einleitung. Verschiedene Dispositionen der Arbeit 593. § 634. Verarbeiten grosser Blöcke für kleinere Zwischenproducte, Drahtbillets, Blechsturze etc. 593.

D. Das Erhitzen sowohl vor als zwischen und nach der Bearbeitung 594
§ 635. Uebersicht 594. § 636. Die Schweissung 594. § 637. Vorwärmen von Blöcken aller Art 595.

E. Das Hämmern und Pressen . 595
§ 638. Begriff der Arbeit. Erfahrungen bei Geschützrohren. Schlagwirkungen bezüglich der Struktur 595.

F. Das Walzen . 596
§ 640. Grundbegriffe für die Umgestaltung von Metallstücken 596. § 641. Der Vorgang des Walzens 597. § 642. Graphische Analyse desselben 597. § 643. Grösse der künstlichen Streckung 598. § 644. Wirkung ungleicher Walzendurchmesser bei gleicher Peripheriegeschwindigkeit 599. § 645. Dieselbe bei gleichen Umdrehungszahlen 600. § 646. Einfluss der Abkühlung 600. § 647. Unregelmässigkeit der Breitung bei glatten Walzen. Entstehen der Flachkaliber, der Universal- und Staffelwalzwerke 601. § 648. Allgemeine Regeln der Kaliberbildung 601. § 649. Berücksichtigung der Druckverhältnisse 602. § 650. Maassverhältnisse der auf einander folgenden Kaliber 602. § 651. Zustandsänderungen im Walzstück 603. § 652. Gleichmässige Streckung aller Lamellen 604. § 653. Ursachen der Breitung. Vertheilen der Breitung auf die Kaliber 604.

Das Kalibriren der Eisenwalzen. Allgemeines 605
§ 654. Litteratur 605. § 655. Berücksichtigung der Materialunterschiede bei der Kaliberconstruktion 606.

Graphische Ausführungen der Kalibrirungen 607
§ 656. Graphische Hilfsmittel. Lage der Mittellinien und Bemessung des Oberdrucks beim Entwerfen 607. § 657. Anordnen der Kaliber auf der Walze. Nothwendigkeit gleichen Drucks in allen Kalibern 607.

Vorstreckkaliber für gewöhnliche Stäbe 608
§ 658. Spitzbogenform. Begründung derselben 608. Wahl von Rechteckkalibern 609.

Verzeichnung der Spitzbogenkaliber . 609
§ 659. Allgemeine Prinzipien 609. § 660. Gang der Construktion. Beispiele 610. § 661. Modificationen für Luppenwalzkaliber 610. § 662. Vahlkampf's Construktionen 611. § 663. Spitzbogenkaliber für Trieb-Construktionen von R. Daelen I und Vahlkampf. Modificationen für Stabeisenvorwalzen 612. § 644. Weitere Beispiele, auch von Walzen mit Schweiss- und Spitzbogenkalibern 613. § 665. Breitungen bei den Vorstreckkalibern 615.

Verzeichnung der rhombischen und ovalen Streck- oder Entwickelungskaliber 616
§ 666. Beziehung zu den Spitzbogenkalibern. Beispiele 616. § 667. Regeln für die Uebergänge zwischen ovalen und rhombischen Kalibern 617. § 668. Langhans' Bemerkungen über Ovalkaliber 618. § 669. Seine Construktion und Inhaltsberechnung 618. § 670. Construktion der Ovalkaliber als Entwickelungs- oder Vorschlichtkaliber 619.

Seite

Verzeichnung sonstiger Vorstreckkaliber für gewöhnliche Stäbe etc. 619

§ 671. Rechteckige Kaliberform, sogen. Schweisskaliber 619. § 672. Beispiele für die Abmessungen dieser Kaliber 620. § 673. Aeltere Vorwalzkaliber von Königshütte 621. § 674. Hollenberg's verbesserte Kaliberbildung 621. § 675. Begrenzte Anwendung der Rechteckkaliber bei Façoneisen 622.

Verzeichnung der Fertigkaliber für gewöhnliche Stäbe einfacher Form 623

§ 676. Uebersicht und Eintheilung der Profile 623.

Verzeichnung der Flacheisenkaliber . 623

§ 677. Construktion 623. § 678. Vertheilung auf beide Walzen. Kaliber- und Zwischenringe. Polirkaliber. Besondere Polirwalzen 623.

Luppenflachkaliber . 624

§ 679. Frühere und jetzige Construktion. Vertheilung auf den Walzen 624. § 680. Stufenartige Construktion der Oberwalzen von Hollenberg 625. § 681. Beispiele von Abmessungen 626. § 682. Luppentrio von Hörde 628.

Verzeichnung der Fertigkaliber für Flacheisen 629

§ 683. Beispiele 629. § 684. Ergänzung zur Aufsuchung der Kaliberverhältnisse für andere Breiten 632.

Flacheisenherstellung unter Universalwalzen . 632

§ 685. Begriffe und Beschreibung des Walzvorganges 632.

Flacheisenherstellung unter Staffelwalzwerken 633

§ 686. Beschreibung 638. Praktische Beispiele 633.

Verzeichnung der Walzen für quadratisches Eisen 634

§ 687. Aeltere Beispiele 634. § 688. Desgleichen für ein Triowalzwerk 635. § 689. Desgleichen 636. § 690. Neuere Beispiele Hollenberg's 637. § 691. Belgische Verhältnisse 637.

Verzeichnung der Walzen für Rundeisen . 638

§ 692. Construktionsgrundlagen 638. Specialvorschriften von Daelen und Hollenberg 638.

Verzeichnung der Walzen für andere regelmässige Profile 639

§ 693. Uebersicht. Kaliberconstruktionen für Sechskanteisen 639. § 694. Desgleichen für Achtkanteisen 639.

Kaliberconstruktion für Façoneisen. Allgemeines 640

§ 695. Verschiedene Methoden. Litteratur 640. § 696. Schwierigkeiten der Façonkalibrirung 640.

Kalibrirung für vollkommen symmetrisches Doppel-T-Eisen 641

§ 697. Begründung des Profils. Varianten desselben. Normalprofile 641. § 698. Wahl geeigneter Packetirungen 641. § 699. Vorschrift für die Kalibrirung von Daelen 641. § 700. Hollenberg's Vorschrift und Beispiele 642. § 701. Einfluss der Breitung. Wellen des Steges etc. 643. § 702. Streichende Wirkungen der Kaliberwände 643. § 703. Dickmann's Vorschriften und Beispiele 644. § 704. Dessen Constructionen für die Ausbildung der Flügel 645. § 705. Weitere Folgerungen Dickmann's 646. § 706. Praktische Hindernisse bei aussergewöhnlichen Maassverhältnissen. Benutzen von Universalwalzwerken 647. § 707. Universal-Walzwerk bei Petin-Gaudet von Pernot 647. Borbely's Versuche 648. Trägerwalzwerk von Hugo Sack 648. § 708. Weitere Modificationen der Doppel-T-Kaliber 648. Patent de Buigne-Gratz 649.

Bahnschienen von symmetrischer Form: Vignoleschienen 649

§ 709. Bedeutung der Bahnschiene. Profil-Kalibrirung und -Walzung 649. § 710. Mittheilungen von Daelen 651. § 711. Dessen Verzeichnung der Kaliber 651. Abnahmeverhältnisse 652. § 712. Vorkaliber 652. § 713. Kaliber für Trios, für Reversirwalzwerke. Beispiele 653.

Grubenschienen von symmetrischer Form . 654

§ 714. Walzmethode. Beispiele von Hollenberg 654.

Einfaches T-Eisen . 655

§ 715. Besprechung des Profils. Grundsätze für die Kalibrirung 655. § 716. Beispiele und Dimensionen nach Hollenberg 655. § 717. Angabe der Drucke in einzelnen stehenden Kalibern, sowie der Konizität der Stegflächen 656. § 718. Lage der Kaliber 657. § 719. Andere Kalibrirungsmethode 657. § 720. T-Kaliber mit aufgebogenen Fussflügeln nach Dickmann und Hollenberg 658. § 721. Beispiele von Dickmann und Choteau 659.

Kalibrirung für Winkeleisen . 660

§ 722. Verschiedene Profile und Kalibrirungsmethoden 660. § 722. Gewöhnliche Kalibrirung der Winkel 660. § 724. Beispiele von Daelen und Hollenberg 661. § 725. Erläuterungen der Beispiele 663. § 776. Kalibrirung für ungleichflügelige Winkeleisen nach derselben Methode 663. § 727. Zusammenstellung von Beispielen 664. § 728. Lage der Kaliber 665. § 729. Winkeleisenkalibrirung nach Dickmann 666. § 730. Fehler bei dem Walzen und ihre Beseitigung 666. § 731. Andere Kalibrirungsmethoden und ihre Resultate 666. § 732. Ableitung der Z- und U- und anderer Profile aus den Winkeln 667. § 733. Belageisen 668. § 734. Deckeneisen des Deutschen Normal-Profilbuchs 668. § 735. Schwellenprofile verschiedener Systeme 669. § 736. Quadrateisen 670. § 737. Kreuzeisen 670.

Kalibrirung für Z-Eisen . 670

§ 738. Methoden von Hollenberg 670.

Seite

Kalibrirung der U-Eisen . 671
§ 739. Methoden von Daelen und Hollenberg 671.

Kalibrirung der Belageisen . 671
§ 740. Angaben von Choteau 671.

Kalibrirung der Schwellen zum Eisenbahnoberbau 672
§ 741. Kalibrirungen für Hartwich-, Vautherin- und Hilf-Profile 673. § 742. Abmessungen einer Kalibrirung der Vautherin-Schwelle 673.

Kalibrirung des Kreuzeisens . 673
§ 743. Ableitung derselben vom Winkel- und I-Eisen 673. § 744. Herstellung auf Universalwalzwerken bei Petin-Gaudet 674. § 745. Sack'sche Universalwalzwerke 674.

Kalibrirung für unsymmetrische Stäbe . 675
§ 746. Aufzählung der Profile, Bandagen und ihre Herstellung. Verschiedene Methoden 675. § 747. Einrichtung der Walzwerke 675. § 748. Neuere Bauarten 676.

Sonstige Kalibrirungen . 676
§ 749. Herstellung von Gegenständen mit wechselndem Querschnitt, Keilstäbe, Gewehrläufe etc. 677.

Schlussbemerkung zur Kalibrirungslehre . 677
§ 750. Neue Litteratur über Walzwerksprocesse: Blass, Hollenberg und Fink 677.

Andere Walzmethoden . 677
§ 751. Robertson'sche Luppenquetsche. Lismann'sche Walzwerke 677.

Das Schrägwalzverfahren . 678
§ 752. Besprechung der Patente von Dr. Kögel und R. Mannesmann 678. § 755. Röhrenbildung beim Schrägwalzen 678. § 754. Wissenschaftliche Begründungen von Ritter (Riedler) 679. § 755. Praktische Kritik von Balcke 679. § 756. Weitere Ausführungen 680. § 757. Torka's Arbeit über die Theorie des Verfahrens 681. § 758. Vortrag von Fr. Siemens 681. § 759. Abhandlung Hoffmann's 681.

G. Das Fertigmachen der Walzfabrikate 682
§ 760. Uebersicht der verschiedenen Methoden dieser Arbeiten 682.

3. Kapitel. Die Darstellung gezogener Eisenfabrikate (Draht, Streifen, Röhren) . . 683
§ 761. Ziehprocesse. Eintheilung 683.

A. Ziehen des Drahtes . 683
§ 762. Beschreibung des Vorganges. Ziehbarkeit. Versuch Karmarsch's 683. § 763. Die Abstände der neuen deutschen Millimeterdrahtlehre 684. § 764. Wichtige Verhältnisse für die Praxis des Drahtziehens 684.

B. Vom Ziehen der Streifen . 685
§ 765. Operation des Ziehens. Ziehformen oder Secken 685.

C. Vom Ziehen der Röhren . 686
§ 766. Uebersicht der Fabrikationsarten. Stumpfe Schweissung 686. § 767. Uebereinandergelegte Schweissung für Röhren für grösseren Druck 686. § 768. Wärm- und Schweissverfahren 687. § 769. Schweiss- und Walzprocess und sonstige Nebenarbeiten 688.

4. Kapitel. Die weiteren Vollendungsarbeiten 689
§ 770. Beizen, Blankmachen, Scheuern, Schleifen, Poliren, schützende Anstriche 689.

Zweiter Abschnitt. Anlage, Bau und Betrieb des zum Erwärmen aller bei den Vollendungsarbeiten des schmiedbaren Eisens vorkommenden Materialien und Produkte, erforderlichen Oefen und Gefässe . 690
§ 771. Einleitung und Eintheilung 690.

1. Kapitel. Die Schweiss-, Wärme- und Glühöfen im Allgemeinen. Calorische Verhältnisse . 690
§ 772. Charakteristik. Nutzeffekte der Apparate. Fehlerhafte Verhältnisse 690. § 773. Der Herd, seine Fehler und Mängel 691. § 774. Die Schweiss- und Wärmöfen. Ihr Nutzeffekt 692. § 775. Gasfeuerungen. Ihre Verbreitung 692.

2. Kapitel. Anlage und Betrieb der Schweiss- und Wärmöfen 693
§ 776. Abhängigkeit der Ofenconstruktion von dem Feuerungsmaterial u. s. w. Eintheilung 693.

Schweiss- und Wärmöfen mit direkter Feuerung 693
§ 777. Allgemeines 693. § 778. Der gewöhnliche Schweissofen mit Planrost. Construktionsskizze von Hollenberg 693. § 779. Anwendung derselben Grundsätze für verschiedene grosse Einsätze (Packete) 694. § 780. Oefen für aussergewöhnliche Wärm- und Schweissarbeiten. Wickeln der Kanonenringe in Woolwich 695. § 781. Schweissofen für die fertigen Wickel 695. § 782. Oefen für schwere Stücke aus Eisenschrot 696. § 783. Wärmofen für Stahlschienenblöcke 696. § 784. Seine Armatur und sonstige Ausrüstung 697.

B. Schweiss- und Wärmöfen mit Gasfeuerung 697
§ 785. Principien und Eintheilung 697. § 786. Feuerungsanlagen nach dem Boëtius'schen System 698. § 787. Beispiele und Beschreibung 699. § 788. Weitere Anwendung des Boëtius'schen Wärmespeicher-

Seite

oder Ueberführungssystems. Schweissofen mit kurzem breiten Herd 700. § 787. Schweissofen mit länglichem Herd 702. § 790. Halbgasfeuerungen von Bicheroux. Beispiel: Grosser Glühofen 703. § 791. Bicherouxschweissofen mit getrenntem Generator 704. § 792. Bicherouxwärm- oder -rollofen für Stahlblöcke 707. § 793. Bicherouxofen mit unsymmetrischem Generator 708. § 794. Bicherouxofenanlage mit gebrochener Hauptaxe 708. § 795. Kesselverschlüsse als Vortheil der Generatorensysteme von Boëtius und Bicheroux 710. § 796. Berechnungen des Effekts solcher Anlagen. Praktische Nutzeffekte nach Piedboeuf und Philipp 711. § 797. Halbgasfeuerungen von Gorman, Ponsard, Gaillard-Haillot 711. § 798. Oefen mit voller Regeneration von Siemens 712. § 799. Leistungen und Effekte derselben 713. § 800. Gasschweissöfen für Sägespäne 714. § 801. Schweissöfen für sehr gasreiche Kohlenqualitäten 714. § 802. Rollöfen für Braunkohlengas 716. § 803. Schlussbemerkungen 716.

3. Kapitel. Anlage und Betrieb der zum Nachglühen fertiger Produkte geeigneten Apparate . 718
§ 804. Beschreibung der Vorgänge und Ausführungen 718.

Dritter Abschnitt. Einrichtung und Betrieb der Hämmer: Einfache und leichte Hämmer, Wassergeschläge, Riemen-, Luft- und Dampfhämmer; als Anhang: Pressen*) . . . 719
§ 805. Allgemeine Begriffe und Eintheilung 719.

1. Kapitel. Einrichtung und Betrieb der Stielhämmer 720
§ 806. Construktion und Wirkungsweise 720. § 807. Stirn-, Aufwerf- und Schwanzhämmer 720.

2. Kapitel. Einrichtung und Betrieb der Rahmenhämmer 721
§ 808. Uebersicht und Eintheilung. Litteratur 721. § 809. Construktion der Dampfhämmer. Verschiedene Systeme 722. § 810. Beispiel: Gewöhnlicher Luppenhammer 722. § 811. Hammer von Cavé 724. § 812. 15 Tonnen schwerer Hammer von Kamp & Co. 726. § 813. Ganz schwere Hämmer. Vorschläge, betreffs der Aufstellung 726. § 814. Anordnung und Aufbau der Ambosunterlagen und Fundirungen 727. § 815. Chabottenguss 727.

Vierter Abschnitt. Einrichtung und Betrieb der Walzwerke, einschliesslich der dazu unmittelbar gehörenden Vollendungswerkzeuge: Einfache, dreifache, mehrfache Walzwerke, Grob-, Mittel- und Feinwalzwerke, Drahtwalzwerke, Reifen- und Röhrenwalzwerke, Universal- und Stufenwalzwerke etc. 730
§ 816. Uebersicht und Eintheilung 730.

1. Kapitel. Einrichtung und Betrieb der einfachen Walzwerke für gewöhnliche Stäbe (einschliesslich der Luppenstäbe) und Handelswaare 731
§ 817. Disposition eines einfachen Walzwerks 731. § 818. Ständerdetails 731. § 819. Zusammenstellungen von ganzen Strassen 732. § 820. Luppentrio von Hörde 732. § 821. Mittelwalzwerke für leichtere Stäbe. Details 734. § 822. Walzen-Dimensionen und Maschinen-Verhältnisse 736.

2. Kapitel. Einrichtung und Betrieb der Walzwerke für Feineisen und Draht . . . 736
§ 823. Anordnung einer Feineisenstrasse 716. § 824. Einzelheiten der Sohlplatte 738. § 825. Die Krauselständer 738. § 826. Die Walzenständer 739. § 827. Die Schwungräder 740. § 828. Abmessungen der Schwungräder 741. § 829. Construktionseinzelheiten 742. § 830. Aus- und Einrückkupplungen 743. § 831. Drahtwalzwerke. Abmessungen und Betrieb 744. § 832. Neue Drahtwalzwerke. Anordnungen von Roy, While und R. Daelen. § 833. Walzwerke von Bansen, Altpeter und Horst 747.

3. Kapitel. Einrichtung und Betrieb der Walzwerke für sehr lange und starke Eisensorten (Schienen- und Trägerwalzwerke) 747
§ 834. Allgemeines 747. § 835. Vorblocktriowalzwerk von Fritz Holley 748. § 836. Bühnenhebevorrichtung 759. § 837. Einführung in Westdeutschland. Veränderung der Walzen-Lagerung von L. Mannstaedt und Thomas 750. § 638. Construktionen von Erdmann 751. § 839. Neues Blockwalzwerk der Ebbw Vale Co. 752. § 840. Neuere amerikanische Block- und Schienenwalzwerke nach Trasenster 754. § 841. Einzelheiten eines Trioschienenwalzwerks der Edgar Thomson Werke 754. § 842. Anwendung des Reversirprincips. Aeltere Kuppelungsconstruktionen 755. § 843. Reversirmaschine der Bowling Iron Works 755. § 844. Neuere Dispositionen für Grobeisen von Thomas. Kloman's Friktionskupplung 756. Hydraulische Ausrückvorrichtung von Kitson und Chalas. Reversirmaschine von Stevenson 757. § 845. Kraft's Untersuchungen über den Dampfverbrauch der Reversirmaschinen 757. § 846. Verbundreversirmaschine von Müller 758. Stabeisenwalzwerk von Kirk. Doppelzwillingswalzwerk für Façon- und Feineisen von Glaser. Vor- und Nachtheile der Reversirwerke nach Moro 759. § 847. Daelen's desfallsige Bemerkungen 759. § 848. Reversir-Zwillingsmaschine von Allis & Comp. Reversirmaschine von Krupp 760. § 849. Neueste amerikanische Block- und Grobeisenwalzwerke 761. § 850. Entwickelung der Corlissmaschine für Walzwerke 761. § 851. E. M. Daelen: E. Blass und Kollmann: Bestimmung der Kraftleistung von Walzenzugmaschinen 762. § 852. Besprechung der Versuchsergebnisse durch G. Schmidt 762.

4. Kapitel. Einrichtung und Betrieb der Blechwalzwerke 763
§ 853. Allgemeines 763. § 854. Veränderte Kupplung der Walzen 764. § 855. Vorrichtungen zum Ueberheben der Walzstücke. Reversirwalzwerk für schwere Bleche 765. § 856. Lauth's Triowalzwerk. Angaben von Borgnet und Petersen. Construktion von Weidtmann 765. § 857. Betrieb der gewöhnlichen Blechwalzwerke 766. § 858. Die Schwarzblechdarstellung aus Platinen. Bau der Wärmöfen 767. § 859. Flammöfen für grössere und stärkere Bleche 768. § 860. Walzwerkdetails.

*) Vergl. §§ 912 und 913, S. 809.

Seite

Walzendimensionen 769. § 861. Arbeitsaufwand beim Blechwalzen. Versuche von R. Böck 769. § 862. Versuche bei Schulz, Knaudt & Co. 770. § 863. Erste Anwendungen des Flusseisens bei der Blechfabrikation 771. § 864. Flusseisen als Kesselblechmaterial. Versuche von Wild, Grosse u. A. 771. § 865. Versuche der Glasgow Iron Comp. von Riley und Parker 772. § 866. Neuere Untersuchungen über die Anwendung des Flusseisens. Herstellung des Moldauviadukts b. Cerwena. Material der Forthbrücke 773. § 867. Betriebseinzelheiten. Eintheilung 774.

Fein- oder Schwarzblechdarstellung . 775
§ 868. Vorzüge der Flusseisenanwendung 775. § 869. Calmoterie 775. § 870. Ausglühen, Bestreuen mit Holzkohle und Fertigmachen 776.

Darstellung von gewöhnlichem oder Kessel- und Brückenblech 777
§ 871. Packetiren, Schmieden und Auswalzen 777. § 872. Beispiele für Einrichtung von Kessel- oder Grobblechwalzwerken. Low Moor 777. § 873. Borsigwerk 778. Drehtisch von Davy 778.

Darstellung von Panzerplatten . 778
§ 874. Begriff. Erste Darstellung. Methoden der Zusammensetzung 778. Aeltere Walzwerke 779. § 875. Flusseisen als Element der Panzerdarstellung. Verschiedene Verfahren 779. § 876. Compound-System von Cammel & Co. Wilson'sches Patent. Herstellung von Compoundplatten 780. § 877. Qualitätsprüfung. Analytische Controle 781. § 878. Krupp's Verfahren 781. § 879. Panzerplattenwalzwerk von Marrel frères 782. Neuerer Entwurf von Trappen 782.

5. Kapitel. Einrichtung und Betrieb der Universalwalzwerke 782
§ 880. Definition. Aeltere Universalwalzwerke 782. § 881. Vereinfachte Constructionen 783. § 882. Neuere Construktionen 785. § 883. Lauth'sches Dreiwalzensystem 785.

6. Kapitel. Einrichtung und Betrieb sonstiger Walzwerke 787
§ 884. Eintheilung nach der Art der Produkte 787.

Radreifenwalzwerke . 787
§ 885. Arbeitsprincip. Bau der Reifenwalzwerke 787. § 886. Gebrauch von Vor- und Vollendwalzwerken. Construktionen von Munton und Ferry. Einfluss der chemischen Zusammensetzung auf die Qualität der Radreifen. Untersuchungen von Zetzsche 788.

Radwalzwerke . 789
§ 887. Räderwalzerei zu Pümpchen. Verfahren von Leaby 789. § 888. Verfahren, Stahlscheibenräder nach dem Guss zu verdichten, von Fowler und von Beau 789. Walzwerk von Bagaley und Hainsworth. Räderwalzwerke von Ritterhouse u. A. 790.

Walzwerke für andere ringförmige Körper 790
§ 889. Fox'sche Feuerrohre. John Windle's Walzwerk für Ringe ohne Naht 790. § 890. Reifenwalzwerk in Barrow 790. Walzwerke von Arnold, Wulff, Lawrie etc. 790. § 891. Walzen von Schutzreifen für Fässer nach Landsberg-Feige 791.

Walzwerke zur Herstellung von Stücken ungleichen Querschnittes im Verlauf der Länge . . 791
§ 892. Allgemeines. Vigour's Walzwerk zur Herstellung halbrunder, halbquadratischer Stäbe. Verfahren von Lorenz 791. § 893. Metallwalzmaschine von Simonds 793.

Walzwerke für Profile, die sich nicht vollständig zwischen zwei Walzen auswalzen lassen . 793
§ 894. Rillenschienen. Darstellungsverfahren der Soc. anon. du Nord et de l'Est de la France; der Gesellschaft Phönix; des Hörder Berg- und Hüttenvereins 793. § 895. Walzwerk der Bochumer Stahlindustrie 794.

Sonstige zur Erreichung besonderer Zwecke oder für specielle Fälle construirte Walzwerke . 794
§ 896. Uebersicht. Walzwerk für Gewindeeisen 794. § 897. Kaltwalzen des Eisens. Verfahren von Jones und Laughlins u. A. 794. § 898. Einzelheiten. Unterschied zwischen Kaltwalzen und Kaltziehen 795. Verschiedene Firmen. Beispiele 795.

Anhang zum vierten Abschnitt. Uebersicht der unmittelbar zum Walzwerksbetrieb etc. gehörenden Vollendungswerkzeuge 795
§ 899. Das Vollenden und Fertigmachen. Uebersicht der Arbeiten und Eintheilung 797.

Von den Scheeren . 797
§ 900. Verschiedene Grössen und Bauart derselben. Gelenkscheeren. Beispiel: Luppenscheere 797. § 901. Widerstände und Kräfte bei der Arbeit des Scheerens 798. Scheerfestigkeit und ihre Messung 799. § 902. Parallelscheeren. Arbeitsweise. Berechnung des Gesammtwiderstandes 800. § 903. Neuere Grobeisenparallelscheeren. Beispiele: Scheere von Th. Williamson 801. Brammenscheere zu Glengarnock und Richmond 802. Starke Blockscheere von Wagner & Co. 802. Scheere für Eisenschrot (alte Schienen) von Friedrich-Wilhelmshütte zu Mülheim a. d. Ruhr 803. Excenterscheere von Daelen 803. § 904. Einführung des hydraulischen Betriebes für Scheeren. Aeltere Anlage zu Witkowitz. Neuere hydraulische Scheeren. Blockscheere der Blochairn-Werke bei Glasgow 803. § 905. Daelen's direkte Uebertragung des Dampfdruckes auf das Wasser. Scheere der Gesellschaft John Cockerill in Seraing. Hydraulische Billetscheere 804. § 906. Scheeren für Bleche. Verschiedene Beispiele: Gelenkscheere von D. Edwards. Donnay's Scheere mit wiederholtem Schnitt. Grosse Blechscheere von Friedrich-Wilhelmshütte zu Mülheim a. d. R. 805. § 907. Kreis- oder Circularscheeren. Selbstthätige Fortbewegung des zu schneidenden Werkstückes 806. § 908. Schneidwerke. Construktion und Arbeitsleistung 806.

Sägen . 807
§ 909. Anwendung. Die Warmsägen. Beispiel: Schienensäge mit Pendelbewegung 807. § 910. Kaltsägen. Ausführung von H. Ehrhardt 807.

Seite

Richt- und Stauchmaschinen . 808
§ 911. Richtarbeiten überhaupt. Verkrümmungen der Walzprodukte. Richtbänke. Schraubenpressen mit Schwungkugeln. Richtmaschinen. Universalrichtpressen 809. § 912. Stauchapparate. Schwellenpressen mit Dampf- und Wasserdruck 809. Einzelheiten dieser Maschinen 809.

Sonstige Vollendungswerkzeuge . 812
§ 913. Uebersicht. Lochen der Eisenbahnoberbautheile. Nachtheile des Lochens bei dem Flusseisen. Bohren. Mehrfach wirkende Bohrmaschinen auf den Edgar Thomson Works 812. § 914. Zurichten der Warmscheerenschnittflächen. Fraise und Fraisbank 813.

Schlussbemerkung . 814
§ 915. Literaturhinweise wegen der speciellen Vollendapparate. Zerreissmaschinen und ihre Benutzung. Untersuchung von Zugfestigkeit etc. auf der Zerreissmaschine 814. Mittheilungen von Rudeloff und Considère.

Fünfter Abschnitt. Einrichtung und Betrieb der Züge für Draht und Röhren 815
§ 916. Uebersicht der Processe. Eintheilung der Einrichtungen 815.

1. Kapitel. Einrichtung und Betrieb der Drahtzüge und der übrigen, zur Drahtfabrikation nothwendigen Apparate . 815
§ 917. Einleitung: Betriebs-Einrichtung der Ziehbänke. Beispiel 815. § 918. Neuerungen am Drahtzug von J. Sprague Windsor-Providence 817. Sicherheitsvorrichtung und Hilfsmittel beim Zerreissen des Drahtes von Dake Rogers-Prillwitz 818. § 919. Erleichterung des Abstreifens der aufgewickelten Drahtrollen von Rogers-Providence. 818. Leichtere Reparatur der Ziehlöcher 818. Ziehen durch zwei und mehr Löcher von Kissing und Möllmann-Bösperde, von P. Mülbacher-Ferlach, von Alfr. & Thos. Bolton in Oak a Moor Mills 818. Verbesserungen in der Zuführung und Mitnahme des Drahtes von H. Roberts-Pittsburg 818. Gerhardi's Verfahren zur Vermeidung des Zerreissens des einzuziehenden Drahtendes 818. Drahttrommel mit excentrischem Anzuge von Hugo Kuhne-Hagen 818. § 920. Ausglühen des gezogenen Drahtes. Beizbrüchigkeit 818. Drahtfabrikation aus Frischeisen. Fabrikationsweise in Amerika 819. § 921. Verbesserungen bei den Glühoperationen. Flammofen von Asbeck, Osthaus, Eicken & Co., Hagen. Ringofenartiger Glühapparat mit Gasfeuerung von F. Meiser und H. Escherich-Schwandorf. Glühtöpfe von F. Schmidt-Haspe. Vorschlag von Schulte-Bochum. Drahtglühofen von Thomas 819. § 922. Drahtglühofen von A. Pütsch. Verbesserung der Glüheinrichtungen von H. Roberts-Pittsburg. Drahtglühofen mit mechanisch-drehbaren Glühtöpfen von Sam. Fox Deepcar-Sheffield 820. Glühkanal von W. Treek und Fr. Teichmann-Petersburg 821. § 923. Ausglühen in einem aus Flussmitteln bestehenden Bade. Verfahren von Hill & Ward und Claus. Verschiedene Bäder 822. Vorschläge von W. Rath-Plettenberg 821. § 924. Reinigung des Drahtes von Glühspan. Anwendung von Scheuer- oder Biegemaschinen. Drahtscheuertrommeln von F. Kaiser und A. Mengershausen-Iserlohn, sowie von C. Ulmke und A. Horst-Neuwalzwerk-Menden 822. Drahtbiegemaschine von Ad. von der Becke in Sundwig. Drahtrichtmaschine von Wilh. Böker-Schalke. Streckmaschine von John Adt-New Haven Conn. 822. § 925. Versuche Wedding's zur Ablösung des Glühspans. Kritik Baedecker's-Werdohl 822. Fettbeize von F. Vogel-Bruck a. d. Mur. Patent Georg Prinz-Aachen. Drahtreinigung mittels Sand von Fr. Heymann-Schwerte 823. § 926. Schmiermittel beim Zuge. Vorschläge von Ch. Hill Morgan, von A. B. Brown und W. Ph. Brown-Worcester. Verfahren von G. Reinhardt-Schwelm und Fritz Vogels-Aussersihl 823. § 927. Härten und Anlassen des Drahtes. Allgemeines 823. Verfahren von J. C. Ramsden-Bassenthwaite 824. § 928. Ramsden's Verfahren für feine Drähte. Stahldrahtzug von J. & H. Law. Glüh- und Härtverfahren von Max Bongardt in Rösslau u. A. 824.

2. Kapitel. Einrichtung und Betrieb der zur Röhrenfabrikation nothwendigen Apparate . 825
§ 929. Einleitung: Röhrenschweisswerk und Ziehbänke. Einrichtungen der Röhrenwalzwerke. Beispiele: England, Brezowa 825. § 930. Betrieb zu Brezowa 825. Anwendung von Gasschweissöfen für Röhren-Construktion von A. Schlotterhose u. A. 825. § 931. Ziehbänke. Anordnung und Betriebsführung 827. § 932. Neuere Methoden 827. Walzen von stählernen Röhren aus hohlen Blöcken von Edw. Cope und Alf. Hollings-Openshaw. Herstellung von Röhren aus spiralförmig gerollten Blechstreifen der Spiral weld Tube Co. zu East Orange (New Jersey) u. A. 828. Anwendbarkeit des Elektrischen Schweissverfahrens von Benardos. Walzwerk für Röhren von W. Schröder, Altena und Ph. Böcker-Hohenlimburg. Patent-Heizröhrenwalzwerk von L. Gobiet und L. Carrer-Düsseldorf 828.

Sechster Abschnitt. Einrichtung und Betrieb der Verzierungsanlagen: Beizen, Schleifen, Anstreichen, Verzinnen, Verzinken, Emailliren etc. 829
§ 923. Einleitung und Eintheilung 829.

1. Kapitel. Von den Anstrichen mittelst Oel- und anderen Farben 829
§ 934. Eisenmennige oder Eisenoxyd. Graue Anstriche aus Zinkoxyd. Leinöl als Bindemittel dieser Anstriche. Theer- und Asphaltanstriche. Schutz gegen Rost und andere Corrosionen 829.

2. Kapitel. Von den Ueberzügen aus geschmolzener Emaille 830
§ 935. Herstellung von Ueberzügen dieser Art. Verfahren des Emaillirens. Grundmasse und Emaille oder Glasur. Specialeinrichtungen. Verfahren von F. Fliegel und E. Puttmann in Hagen. Neuere Patente 830.

3. Kapitel. Elektrolytische Niederschläge auf Eisen 831
§ 936. Anführung der Methoden von Valenn, Gauduin, Weil und Wilde, sowie Christofle's Incrustationsarbeiten 831.

Seite

4. Kapitel. Ueberzüge durch oxydirende Behandlung des Eisens. Inoxydationsüberzüge 831
§ 937. Einleitung: Altes und neues Verfahren. Patente der Société d'inoxydation et de Platinage, Paris, Anwendung des Wasserdampfes durch Barff. Verfahren von A. S Bower in Saint Neots (England). Bower-Barff'sche Verfahren. Ofen von Bower 831. § 938. Ofen von W. Arthur-Cowes. Neuere Verbesserungen und Patente 832.

5. Kapitel. Ueberzüge durch Legirung 832
§ 939. Plattiren. Kupferplattiren zu Dillingen. Verzinnen, Verzinken, Verbleien 932.

Das Verzinnen der Eisenfabrikate 833
§ 940. Herstellung eines Zinnüberzuges. Herstellung von Weissblechen. Operation 833. § 941. Englisches Verfahren. Patente A. Th. Davies und D. E. R. Lewis. Litteratur über Verzinnen und Apparate. Verfahren von J. Brandt in Berlin 833. Weissblech mit hohem Glanz der westfälischen Union in Hamm. Andere Verschönerungen. Zusätzliche Betriebe 834.

Das Verzinken der Eisenfabrikate 834
§ 943. Verzinken oder Galvanisiren. Verfahren 834. § 944. Verschiedene Verfahrungsweisen. Patent J. A. du Rietz in Petersburg. Entfernen des überflüssigen Zinks nach Patenten von F. W. Koffler und E. Zwierzina. Apparat Thum. Zusätze und Praktische Maassregeln 834.

Das Verbleien der Eisenfabrikate 835
§ 945. Grundlage: Verbleien ohne Zinn nach O. Eberling in Dresden. Verfahren vom Amerikaner Braddock. Deckmasse für Blei-, Zinn- und Zinkbäder von A. Eckhardt in Hörde 835.

Dritte Abtheilung. Die Anordnung und Ausführung der ganzen Anlagen 836
§ 946. Einleitung 836.

Einfaches Puddel- und Walzwerk 836
§ 947. Anordnung solcher Anlagen. Beschreibung 837.

Flusseisenwalzwerke 835
§ 948. Converteraufstellung für Bessemerwerke. Anordnungen für Kleinbessemerbetrieb. Vergleich alter und neuer Anlagen 838. § 949. Schienenwalzwerk der Edgar Thomson Works 839. § 950. Stahlwerk Barrow in Furness 840. § 951. Converterhütten zu Hörde und Peine 841. § 952. Dortmunder Hütte 843. § 953. Flammofen-Flusseisenwerk zu Hallside 844. § 954. Domnarfvet-Hochofen und Stahlwerke 844. § 955. Gussstahlwerk Friedrich Krupp in Essen 847.

Schlusswort 849

Liste der Tafeln des III. Bandes.

Tafel		Seite
I. II.	Neuer Waschofen Pernot-Krupp. Springfield Iron Works. Illinois	361
III.	Gasentkieselungs- oder Gasfeinofen, System Eck	362
IV.	Puddelofen mit Planrost und Steinkohlenheizung	363
V.	Puddelofen mit Gasfeuerung, System Bicheroux	371
VI.	Generator System Bicheroux & Co. zur Heizung des Puddelofens Tafel V	371
VII.	Puddelofen mit Treppenrost, Oberschlesien	364
VIII.	Puddelofen mit Gasfeuerung, System Boëtius	372
IX.	Details eines Luppentrains	731
X.	Typen von Convertern	401
XI.	Lagerung der Windführung der Converter	401
XII.	Amerikanische Birne	402
XIII.	Birne zu Peine	407
XIV.	Converter und Wendevorrichtung, Westfalen	402
XV.	Walrand-Anlage, Luxemburg	435
XVI.	Bessemergebläse System Leyser & Stiehler	491
XVII.	Hydraulischer Aushebekrahn. Transportwagen für flüssiges Roheisen	445
XVIII.	Hydraulischer Giesskrahn	445
XIX.	Bessemer-Giesskrahn mit beweglichem Cylinder	446
XX.	Cupolofen zur Bessemerei	398
XXI.	Allgemeine Disposition einer Bessemerhütte (Rheinland-Westfalen). Aelterer Typus	420
XXII.	Bessemer-Anlage für kleinere Produktionen. Eisenwerk Ougrée bei Lüttich	420
XXIII.	Neuere Bessemer-Anlage	407
XXIV.	Neuere oberschlesische Bessemer-Anlage	420
XXV.	Amerikanische Bessemerhütte. Vulcan Iron Co. bei St. Louis	437
XXVI.	Siemens-Martinofen, Grazer Bahnhof	503
XXVII.	Siemens-Martinofen für leichten Brennstoff, Oesterreich	503

Tafel		Seite
XXVIII.	Siemens-Martinofen. Westfalen 1874	503
XXIX. XXX.	Tiegelofenanlage mit Gasfeuerung. Westfalen	567
XXXI.	Anlage Siemens'scher Generatoren, Westfalen	544
XXXII.	Wärmofen für Stahlblöcke mit Bicheroux' Generator	707
XXXIII.	Wärmofen für Stahlblöcke mit Planrostfeuerung, Westfalen	696
XXXIV.	Wärmofen für Stahlblöcke, Siemens' Princip, Westfalen	712
XXXV.	Radreifenglühofen, Siemens' Princip, Westfalen	712
XXXVI.	Blockwalzwerk von Holley & Fritz. Triowalzwerk zu Troy	748
XXXVII.	Dampfhammer von 15,000 kg Fallgewicht	726
XXXVIII.	Reversirwalzwerk für schwere Bleche. Bowling Iron Works	764
XXXIX.	Walzwerk-Details	734
XXXX.	Martinschmelzhütte, Steyermark	529

Verzeichniss der in den Text eingedruckten Abbildungen und Texttafeln

Band III.

Figur		Seite
1.	Herdform für eine dicke Platte	10
2.	Herdform für dünnere Platten	10
3.	Herdform für ringförmige Platten	10
4.	Ambosform	11
5.	Form einer Chabotte für Aufwerfhämmer	11
6.	Form eines schweren Ringes für Wellen, Chabottenstöcke etc.	11
7.	Form eines Wellzapfens für Hammerwellen	12
8.	Form einer gewöhnlichen Walze mit vierkantigem Axenloch	12
9.	Form von Radkränzen für Holzkämme	13
10.	Form einer verzierten Platte	14
11.	Form eines Lagerklotzes	15
12.	Form eines Lagerklotzes mit schräg stehendem Ausschnitt	15
13.	Form eines Zahnrades	15
14.	Form eines Winkelrades mittlerer Grösse	16
15.	Form eines Winkelrades mit vier Armen	16
16.	Form für kleine Riemscheiben	16
17.	Form eines Schwung- oder Kurbelrades	17
18.	Form eines Lauf- oder Spurkranzrades	17
19—19a.	Form eines Kammrades	17—18
20—20a.	Form eines Kernkastens für Stirnkranzkerne	17
21.	Form einer Rolle mit Hohlkehle	19
22.	Form für Kettenguss	19
23.	Modell eines Roststabes mit durchbrochenem Fischbauch	19
24.	Form eines geraden Topfes mit Henkel	21
25.	Form eines Mühlengetriebes für Winkelradübersetzung	21
26.	Form eines Mörsers	22
27.	Form eines Steinkohlenofens	22
28.	Form eines ornamentirten Ofenuntersatzes	23
29.	Form eines ornamentirten Ofenfusses	23
30.	Form eines Dampfcylinders mit Dampfkanälen und Auspuffrohr	25
31a—b.	Röhrenformen	26—27
32.	Form und Chablone für Walzen	28
33a—b.	Formen für Kochkessel	30—31
34.	Tiegelofenbatterie auf Saynerhütte	49
35.	Cupolofen der Darmstädter Eisengiesserei	53
36.	Ireland'scher Cupolofen (deutsche Anwendung)	55
37.	Krigar's Ofen	58
38—38a.	Einfache Flammofenconstruktion	66—67
38b.	Flammofen auf Königin Marienhütte bei Zwickau	68
39.	Flammofen für leichte, langflammige Brennstoffe	70
40.	Flammofengruppe zu Königsbronn bei Wasseralfingen	71
41.	Darrkammereinrichtung	118
42a—d.	Construktionen für Dammgruben	130
43a—b.	Grundrisse und Profile von Röhrengiessereien	138—139
44a—b.	Röhrengiesserei zu Mülheim a. d. Ruhr	140—141
45.	Situation der Eisengiesserei und Maschinenfabrik Grusonwerk, Buckau-Magdeburg	143
46a—b.	Oberschlesisches Doppelfrischfeuer	352
47.	Grundriss und Profile eines Lancashirefeuers mit angeschlossenem Glühofen	355
48.	Anlage einer Frischhütte	359
49.	Puddelofen mit Treppenrost für gasreiche Kohlen	365
50.	Kleiner Puddelofen für Steinkohlenfeuerung	366

Figur		Seite
51.	Aelterer Puddelofen für Braunkohlen aus Steyermark	374
52.	Gaspuddelofen für Torfverwendung aus Lippitzbach, Kärnthen	375
53.	Puddelofen für Braunkohlenfeuerung aus Steyermark	377
54—54a.	Puddelofen mit anliegendem Kessel und gebrochener Axe	393
55.	Stehender Kessel hinter Puddelöfen	394
56.	Desgleichen in anderer Construktion	395
57.	Gürtelconstruktion und Details eines Converters für basische Processe	404
58.	Steinfutter für Converter der South Staffordshire Works	410
59.	Hydraulischer Elevator zum Auswechseln der Convertertheile	421
60a.	Wagen zum Anwärmen der Converterböden	422
60b.	Zugehörige Converterconstruktion	423
61a—b.	Darstellung des Grössenverhältnisses älterer und neuerer Converter	425
62.	Converter für Kleinbessemerei	427
63.	Whiterow'scher Converter für Kleinbetrieb	431
64.	Converter von Walrand-Delattre	436
65.	Converter mit untenstehendem Bewegungscylinder	439
66a—b.	Details einer Converterbewegung, Hörde	440—441
67.	Kolbenliederung des Bewegungscylinders	442
68.	Schlittenführung der Zahnstange	442
69.	Converter mit obenstehendem Bewegungsmechanismus	442
70.	Wendevorrichtung der Edgar Thomson Works	443
71.	Converter mit horizontaler Wendevorrichtung	443
72.	Details; Uebersetzung für kurzen Hub	444
73a—b.	Details; Uebersetzung für langen Hub	444
74.	Anordnung der Wendevorrichtung mit Zwischenrad	444
75a—b.	Giesspfannenkrahn amerikanischer Construktion	445
76.	Giesspfannenkrahn von Prävali	446
76a.	Construktion eines um einen Mittelpunkt schwingenden Laufkrahns, Gutehoffnungshütte	456
77.	Giesspfannenwagen von R. M. Daelen	457
78.	Fahrbarer Giesspfannenkrahn mit Dampfmotor von A. Trappen	458
79.	Blockkrahn von Prävali	465
80.	Freistehender Krahn mit grösserer Hubhöhe von Stuckenholz	467
81.	Aufzug für Cupolöfen von Bessemeranlagen, Westfalen	469
82.	Desgleichen (Roheisenkrahn) von Musil	470
82a.	Sperrvorrichtung dazu	470
83.	Worthington's Accumulatorpumpe	471
84.	Accumulator mit Wasserbelastung	472
85.	Accumulator mit offenem Plunger	475
86.	Steuerungs- und Regulirapparate für hydraulische Motoren	477
86a.	Schraubenhebel dazu mit Steuerrad	477
87a—c.	Andere Steuertischanordnung mit Details	479—480
88.	Spannagel'sche Steuerung für Wendemaschinen mit entlastetem Kolben	481
89a—b.	Details einer Gebläsemaschine. Patent Leyser & Stiehler	491
90.	Stehendes Gebläse für Turbinenantrieb	493
91a—b.	Gebläsemaschine zu Heft	494—495
92.	Details dazu. Riedler's Ventile	496
93a—b.	Gesteuerte Ventile am Gebläsecylinder eines westfälischen Stahlwerkes	497
94a—c.	Details von dem Gebläse des Neuberger Stahlwerkes	498—499
95.	Desgleichen von der Gebläsemaschine des Stahlwerkes zu Kladno	499
96.	Aufgabewagen für Kalkzuschläge	501
97.	Bodenhebe- und Anschlussvorrichtung	501
98.	Siemens-Martin-Stahlofen	523
99.	Wechselhahnconstruktion	525
100.	Drosselklappe von Siemens	528
101.	Wechselconstruktion mit gekammerten, drehbaren Glocken	530
102.	Siemens-Martinofen mit gesenktem Gewölbe	532—533
103a—b.	Schmelzofenanlage für leichte Brennstoffe	534—535
104.	Krahnpfanne mit Aufhängebügel	535
105.	Bathoofen für basischen Process	541
106.	Siemens-Generator	545
107a—c.	Details dazu	546—547
108.	Generator für gemischtes Brennmaterial	549
109.	Generator für Sägemehlverbrennung	550
110.	Erzreduktions- und Schmelzofen von Friedrich Siemens	557
111.	Temperofen	559
112.	Grosser Temperofen mit Gasfeuerung	561—562
113.	Cementirofen	563
114—115.	Tiegelstahlanlage	566—567
116.	Tiegelflammofen von Falkenroth, Kocher & Co.	568
117.	Tiegelvorglühofen	571
118.	Krigar'scher Legirungs-Cupolofen	573
119.	Schweissofen mit Planrost für grössere Einsätze	694
120—a.	Schweissofen für gewöhnliche Verhältnisse; mit Details	698—699
121a—b.	Wärmeöfen mit Luftverbrennung von Boëtius	700—701
122.	Glüh- oder Schweissofen mit Generator	703

Figur		Seite
123.	Schweissofen mit getrenntem Generator	705
124a—c.	Schweissofenanlage mit Generator	706—707
125.	Schweissofenanlage mit Gasfeuerung. System Bicheroux	709
126.	Schweissofen mit angeschlossenem Kessel	710
127a—b.	Schweissofen für nasse, verrottete Sägespäne	714
128a.	Schweissofen mit Generator für gasreiche Kohlen	715
128b.	Rollofenanlage für Braunkohlengas mit aufrecht stehendem Kessel	717
129.	Luppenhammer neuerer Construktion	723
130.	Luppenhammer von Cavé nebst Details	725
131.	Chabotte nebst Fundament	729
132.	Luppenwalzwerk zu Hörde	733
133.	Ständer nebst Polirwalzen	735
134.	Anordnung einer Feinstrasse	737
135.	Details; Sohlplatte	738
136.	Details; Krauselständer	739
137.	Details; Walzenständer	740
138.	Schwungrad für ein raschlaufendes Walzwerk	742
139.	Klauenkuppelung mit Details	743
140.	Drahtwalzwerk (Dreiwalzensystem)	746
141.	Ständer für Schienen oder Trägerwalzen	751
142—143.	Blockwalzwerk der Ebbw Vale Works	752—753
144.	Ofenanlage für Schwarzbleche	767
145.	Glühofen für Bleche	768
146a.	Universalwalzwerk, Disposition	784
146b.	Desgleichen, Situation	785
147.	Lauth'sches Universalwalzwerk des Eisenhüttenwerkes Sclessin in Belgien	786
148a—b.	Luppenscheere	798—799
149a—b.	Neuere Blockscheere von Th. Williamson	801—802
150.	Englische Schienen- und Grobeisen-Kreissäge, Britanniaworks in Middlesbro'	808
151—153.	Richt- und Lochmaschine	810—811
154.	Façoneisen-Endfraise (Schienen etc.)	813
155a—b.	Ziehbank für Draht	816
156a—b.	Drahtglühtopf und Drahtglühanlage	820—821
157—158.	Röhrenschweisswalzwerk	826—827
159.	Plan einer Puddel- und Walzhütte	837
159a.	Plan des Schienenwalzwerkes Edgar Thomson Works	839
160.	Plan des ganzen Hochofen- und Stahlwerkes Barrow in Furness	840
161.	Plan der Converterhütten zu Hörde und Peine	842
162.	Plan der Dortmunder Hütte	843
163.	Plan der Hallside-Stahlwerke der Steel Comp. of Scotland	845
164a—b.	Profil und Grundriss der Domnarfvet Hochofen- und Stahlwerke	846

Texttafel A.	Kaliberconstruktionen für Vorwalzen und regelmässige Profile	610 u. ff.
„ B.	Kaliberconstruktionen für Façoneisenwalzen	642 u. ff.
„ C.	Grundriss des Krupp'schen Werkes	847

Drittes Buch.

Der Eisengiessereibetrieb.

Vorbemerkungen.

§ 1. Wie gelegentlich der Betrachtung des grauen Roheisens (Bd. II. S. 323 u. ff.) schon hervorgehoben wurde, hat dasselbe zunächst, soweit es mit Holzkohlen erblasen wurde, fast ausschliesslich der direkten Verwendung zu Gusswaare gedient und daneben, soweit sich die Verhältnisse dazu anliessen, zur Stabeisen- resp. Stahlbereitung in Herden, später in Flammöfen.

Heut arbeiten nur noch wenige Holzkohlen-Hochöfen für den direkten Bedarf einer Giesserei und die Gusswaarendarstellung geschieht mit ungeheurer Majorität aus besonderen Umschmelzöfen. Obwohl dadurch schon die Gusswaaren-Industrie aus dem engeren Bann des Eisenhüttenwesens herausgerückt und zu einer gewissen Selbstständigkeit gelangt ist, so bildet sie doch in den Eisenhütten-Bezirken immer noch einen regelmässig anzutreffenden Bestandtheil der Anlagen, weil ein sehr grosser Theil der zum eigenen Bedarf erforderlichen aus Guss herstellbaren Construktionstheile sich mit Vortheil auf dem Werk selbst herstellen lässt. Bei grossen mit Bearbeitungsateliers oder gar mit eigener Maschinenbauanstalt ausgerüsteten Werken dürfte ziemlich der ganze eigene Bedarf an gegossenen Theilen intra muros fabricirt werden können.

Wenn hieraus gefolgert werden kann, dass auch der Eisengiessereibetrieb in Lehr- und Handbüchern des Eisenhüttenwesens, sowie bei Schilderungen der Anlage und des Betriebs der Eisenhütten nicht umgangen werden darf, so ist andrerseits zu bemerken, dass, weil eben ein sehr grosser Theil der ganzen dessfallsigen Betriebsthätigkeit, besonders aber die Darstellung von Specialartikeln sich unabhängig vom übrigen Eisenhüttenwesen entwickelt, die Schilderung der Betriebsdetails etc. in bescheidenerem Umfang stattzufinden habe und dass besonders jene Specialartikel eine nur übersichtliche Schilderung erhalten können und dürfen.

Technisches Interesse beanspruchen vor Allem die auf Oefen und Apparate von allgemeinerer Wirksamkeit sich beziehenden Darlegungen, während die Manipulationen des Einformens und Giessens nur ganz im Allgemeinen zu schildern sein dürften.

§ 2. Es werden nach einer übersichtlichen Darstellung des Eisengiessereibetriebs ausser den Eigenschaften der Materialien noch die folgenden Punkte zu besprechen sein.

Die Apparate des Betriebes, Umschmelzöfen, Darrkammern, Giessgruben etc. sind ihrer Einrichtung, ihren Principien nach zu charakterisiren und soweit nöthig zur Anschauung zu bringen. Besonders dürften diejenigen eine weitere Ausführung rechtfertigen, welche bei dem Giessereibetrieb der Eisenhüttenwerke allgemein vorzukommen pflegen.

Doch nicht nur die Apparate, auch die Geräthschaften der Giesserei verlangen eine specielle Behandlung, obwohl bei den bisher abgehandelten Betrieben nie die Rede davon war. Unter den Geräthen des Giessereibetriebes sind aber sehr viele, welche von ganz wesentlichem Einfluss auf das Gelingen der Manipulationen sich zeigen, was bei der Cokerei, beim Hochofenbetrieb und anderen in den beiden ersten Bänden des Werks besprochenen Betrieben weniger stark hervortritt. Es genügt, die Giessmodelle und ihre Herstellung, die Einrichtung des Formkastenmaterials, die Chablonen anzuführen, um die Richtigkeit der obigen Behauptungen darzuthun. Die Besprechung der vollständigen Anlagen beschliesst naturgemäss das ganze Buch.

§ 3. Hiernach zerfällt der Inhalt desselben in folgende Abschnitte:

Erster Abschnitt. Die Processe des Eisengiessereibetriebes.
Zweiter Abschnitt. Die Umschmelz-Apparate mit Zubehör.
Dritter Abschnitt. Die Apparate und Geräthe zur Herstellung der Formen.
Vierter Abschnitt. Die Anlagen, Apparate und Geräthe zum Giessen.
Fünfter Abschnitt. Die Anordnung der ganzen Anlagen.

Erster Abschnitt.

Uebersicht der gesammten Processe des Eisengiessereibetriebes.

§ 4. Der Eisengiessereibetrieb gliedert sich wesentlich nach zwei Richtungen; denn er zerfällt in die Arbeiten zur Herstellung der Gussformen und in die Arbeiten zur Ausfüllung der Gussformen mit flüssigem Metall. Die sich daran schliessenden verschiedenen Vollendungsarbeiten gehören nur zum allergeringsten Theil dem Giessereibetrieb selbst an und fallen meist in das Gebiet selbstständiger technologischer Vorgänge.

Die dem aufgegebenen Modell entsprechende, von Eingüssen und Näthen, sowie von anhängenden Formmaterial durch Behauen und Putzen befreite, sonst aber noch rohe Gusswaare, ist an sich ein Fertigprodukt und es steht ihre weitere Behandlung höchstens in lokalem oder geschäftlichem Zusammenhang mit der Herstellung selbst. Zwingende technische Gründe zu einer Verbindung beider Arbeiten, der Rohgusserzeugung und der Vollendung der Rohgüsse liegen nicht vor. Oekonomische und geschäftliche Gründe werden allerdings in vielen Fällen eine Vereinigung beider Arbeiten als vortheilhaft erscheinen lassen, z. B. Herstellung und Emaillirung diverser Gusswaaren, Herstellen und Bearbeiten (Beschlagen, Zusammenstellen, Anstreichen etc.) verschiedener Baugusswaaren, Giessen und Theeren etc. gusseiserner Rohre etc.

Die Hauptsorge des Giessereitechnikers concentrirt sich in der Herstellung einer geeigneten Form, welche, mit geschmolzenem Eisen gefüllt, einen tadellosen Abguss ermöglicht. Dieses Ziel zu erreichen, wirken verschiedene Eigenschaften der disponiblen Rohmaterialien und verschiedene Ansprüche hemmend und fördernd ein, so dass die geläufige Herstellung tadelloser Güsse nicht unter die leichten technischen Aufgaben gehört.*)

Das für die Herstellung einer tadellosen Form wichtigste Rohmaterial ist das Material der Form selber und es ist die Wahl und Behandlung desselben umso schwieriger, als wegen der hohen Temperatur, welche das in die Form zu giessende Eisen besitzt, dauernde resp. feste Formen, wie bei dem Giessen mancher anderen Metalle nicht anwendbar erscheinen. Ein mehr oder minder feuerbeständiger, im angefeuchteten Zustand ballender Sand, welcher theils im frischen, theils im getrockneten Zustand das Eisen aufnehmen kann; in seltenen Fällen ein magerer Lehm: das sind die Formmaterialien des Eisengiessereibetriebes, zu denen sich das Eisen selber nur in seltenen Fällen gesellt.

§ 5. Ist aus irgend einem dieser Materialien die Form hergestellt worden, so wird sie entweder, wie schon angedeutet, direkt zum Guss benutzt, oder durch Trocknen dazu vorbereitet. Man beschränkt aus ökonomischen Gründen die Anwendung getrockneter Formen soviel als möglich und begnügt sich häufig selbst bei recht schweren Stücken mit der oberflächlichen Trocknung des entsprechend präparirten Sandes. Die Form wird dann giessbereit aufgestellt, oft in Dammgruben eingegraben, stark belastet, oder in anderer Weise fest zusammengeschlossen, um dem Treiben des Eisens zu widerstehen. Das zum Giessen bestimmte Eisen, für manche Objekte direkt von dem Hochofen entnommen, erfordert für die weitaus grösste Anzahl der Fälle die Anwendung von Umschmelz-Apparaten. Unter den hierzu geeigneten Ofenconstruktionen sind die am Verbreitetsten, welche den geringsten Kohlenverbrauch zeigen, während die übrigen nur ausnahmsweise und dann für ganz specielle Zwecke zur Anwendung kommen. Es sind darunter ganz einfache neben sehr complicirten Oefen im Gebrauch und es hat besonders die von vielen Eisengiessereien betriebene Anfertigung des Tempergusses und verwandter Artikel zur Einführung von scheinbar complicirteren Apparaten Veranlassung gegeben.

Zu einzelnen dieser Oefen gehören Nebenanlagen, Gebläse, kleine Aufzüge, Essen etc., welche aber eine besondere Besprechung kaum verdienen, sondern im Anschluss an die von ihnen bedienten Haupt-Apparate zu behandeln sein werden.

*) Obschon eine grosse Zahl von selbstständigen, namentlich kleineren Eisengiessereien mit einem recht geringen Aufwand an technischem Verständniss betrieben werden, so genügen aber auch die erzielten Resultate nur den allergewöhnlichsten Ansprüchen und darf man derartige Betriebe durchaus nicht unter die musterhaften rechnen.

Beim Giessprocesse selbst werden einzelne Wirkungen des Gusses, besonders die von dem hydrostatischen Drucke des Metalls gesteigert durch besondere, auch construktiv vorzusehende Kunstgriffe, tiefes Eingraben, Aufrechtstellen langer Formen etc. Auch die Flussbewegung, die in einzelnen Fällen und im Interesse einer möglichsten Reinheit des Gusses dem Metall gegeben wird, ist nicht unberücksichtigt zu lassen. Schwere Güsse erfordern eine andere Temperatur des Giessmaterials als leichte, so dass eine sehr wichtige Frage beim Abguss die Temperaturregulirung bildet.

Ebenso ist die Abkühlungsfrage eine nicht immer ganz einfache, weil das Verhältniss zwischen Masse und Oberfläche der Gussstücke nicht in allen Theilen eines zusammenhängenden Stückes dasselbe ist und sich daraus bei nicht richtig geleiteter Abkühlung Spannungen ergeben, welche die Haltbarkeit der Gussstücke beeinträchtigen.

Mit der gelungenen Abkühlung schliesst die Reihe der technisch interessanten Einzelvorgänge; der Rest der Arbeiten ist rein mechanischer Natur und ohne weiteren Einfluss auf die Qualität der Produkte.

§ 6. Die einzelnen Theile dieses Abschnittes würden hiernach sein:

1. Kapitel: Förmereiprocesse und Formmaterialien.
2. Kapitel: Wahl und Umschmelzung des Roheisens.
3. Kapitel: Vorgänge beim Giessen und Erstarren.

1. Kapitel.

Förmereiprocesse und Formmaterialien.

§ 7. Alle Förmereiprocesse bestehen wesentlich darin, ein körperliches Abbild eines in Metall herzustellenden Gegenstandes, das Modell, mit dem betreffenden Formmaterial zu umgeben. Dem Letzteren wird hierbei durch eine geeignete Behandlung eine hinlängliche Festigkeit gegeben, um auch nach dem Fortnehmen des Modells stehen zu bleiben und das Anfüllen der so dargestellten „Form“ des Gegenstandes mit flüssigem Metall ohne jede Verletzung zu gestatten. Ausgeschlossen von der Anwendung eines derartigen Förmereiprocesses sind diejenigen Metallwaaren, welche in dauernden Formen gegossen werden, wie z. B. die Zinnlöffel und manches Andere. Bei allen Metallen aber, welche in relativ hoher Hitze schmelzen, wird für jeden Abguss in obiger Weise eine Form dargestellt werden müssen, welche nach dem Abguss zerstört wird.

Wie schon angedeutet, verwendet man beim Eisenguss vornehmlich Sande der verschiedensten Art, namentlich solche, welche in frischgestampftem Zustand den Contakt des flüssigen Eisens ertragen, ohne dasselbe im ruhigen Fluss zu hindern und zu stören. Für sehr schwere Gegenstände, wo ein derartiges Material nicht mehr hinlänglichen Widerstand gegen den Druck und das Treiben des Eisens leistet, muss man zu fetteren und stärker bindenden Sanden greifen und selbst zu Lehm übergehen. Dann tritt die Nothwendigkeit ein, die Formen, die nicht hinlänglich porös und meist auch viel zu nass sind, um mit flüssigem Eisen in Berührung gebracht werden zu können, durch längeres oder kürzeres Erhitzen auf 150—300^0 zu trocknen oder zu backen.

In Folge der Verschiedenartigkeit des Materials entwickelt sich auch eine verschiedene Förmereipraxis, je nachdem in magerem Sand, in fettem Sand, in Lehm, oder in Gusseisen geformt werden soll. Eine weitere Verschiedenheit entsteht natürlich auch durch die mehr oder minder complicirte Gestalt der abzuformenden Gegenstände selber, wird aber im Bereich des Sandgusses allein fühlbar, weil derselbe im Durchschnitt ca. 90/00 der ganzen Arbeit ausmacht, wenn nicht noch mehr.

Nur bei einzelnen Specialitäten kommt eine gleiche Entfaltung auch der anderen Förmereiprocesse vor, doch nur von lokaler Bedeutung.

A. Von der Sandförmerei.

§ 8. Die Sandförmerei bedarf zu ihrer Ausführung ausser des geeigneten Materials noch einer grossen Anzahl verschiedener Einrichtungen und Geräthe, die je nach der Arbeit variiren. Der Förmereiprocess selbst ist im Princip stets derselbe und wechselt eben nur wieder in der grösseren oder geringeren Complication der abzuformenden Gegenstände. Eine vollständige Darstellung des Verfahrens würde alle überhaupt vorkommenden und von einander sich im Geringsten unterscheidenden Abformungsarbeiten einschliessen; da eine derartige Behandlung kaum in den Specialwerken möglich sein würde, so wird die hier zu gebende Darstellung sich desshalb wesentlich auf typische Fälle beschränken müssen. Es wird sich darum handeln, nach der Darlegung der Materialeigenschaften, das Sandformen im offenen Herd, im gedeckten Herd, im zweitheiligen Kasten und im mehrtheiligen Kasten zu beschreiben.

Der Formsand.

§ 9. Als Formmaterial kann jeder etwas thonhaltige Sand gebraucht werden, der die Fähigkeit besitzt, im feuchten Zustand sich zu ballen und der in diesem geballten Zustand immer noch eine gewisse Porosität zeigt. Dabei ist es von Vortheil, wenn die einzelnen Körner durch die Hitze des Gusses nicht decrepitiren und wenn alle sonstigen durch die Hitze zersetzbaren, namentlich Gase abgebenden Bestandtheile fehlen, z. B. organische Substanzen und kohlensaure Salze.

Trotz dieser Einschränkungen bei der Wahl der Formsande, findet man im Bereich der verschiedenen Schichten eine Menge geeigneter Materialien, welche durch praktische Versuche am Leichtesten in ihrer Brauchbarkeit controlirt werden. Die chemische, sowie auch die mechanische Analyse haben in der That nur sehr geringe Bedeutung, hinsichtlich der Beurtheilung der Brauchbarkeit bei den Formsanden, da die grössere oder geringere Brauchbarkeit in dem Zusammenwirken einer Reihe von physikalischen und chemischen Eigenschaften begründet ist und auch in der verschiedenen Behandlung theils Steigerung, theils Minderung erfährt.

Von Einfluss auf die Brauchbarkeit der Formsande ist vor Allem das Verhältniss zwischen Haltbarkeit und Porosität in geballtem resp. gestampftem Zustand. Je grösser beide Eigenschaften, desto brauchbarer ist ein Sand zum Förmereibetrieb; je weniger bemerklich beide sich machen, desto weniger günstige Resultate lassen sich bei der Verwendung im Giessereibetrieb vorhersehen. Auch wenn die eine der beiden Eigenschaften auf Kosten der Anderen hervortritt, was der gewöhnliche Fall bei allen Sanden ist, vermindert sich die Brauchbarkeit oder sie beschränkt sich alsdann auf bestimmte Anwendungsmodalitäten. Einen sehr porösen, aber dabei wenig festen Sand kann man noch ganz gut für dünnwandige Stücke benutzen, während er bei schwereren Sachen durch das eingegossene Eisen bereits abgewaschen werden würde. Im umgekehrten Fall würde man mit der Undurchlässigkeit des Sandes für die Gase und Dämpfe des Gusses üble Erfahrungen machen, wenn man nicht durch magernde Beimischungen resp. durch Trocknen die Porosität vergrösserte.

§ 10. Die verschiedenen Formsanduntersuchungen (cf. Dürre's Eisengiessereibetrieb Bd. I, S. 235 u. ff.) haben ergeben, dass alle in Betracht kommenden Sandarten wesentlich dreierlei Bestandtheile enthalten:

1. Körner verschiedener Gesteinsarten.
2. Steinstaub.
3. Thon.

Von diesen Bestandtheilen ist der Thon am Leichtesten durch Wasser abschlemmbar, nachdem der Sand längere Zeit mit Wasser digerirt und wiederholt aufgerührt worden ist. Bei weiterer Behandlung durch einen Wasserstrom von gewisser Stärke, wie man ihn in einem der zur mechanischen Analyse angewandten Apparate (von Grouven u. A.) zu brauchen pflegt, sondert sich der feine Mineralstaub von dem gröberen Korn und zeigt dabei gleich feinen durchaus unplastischen, d. h. nicht adhäsiven oder bündigen Charakter.

Wegen dieser Eigenthümlichkeit ist dieser Steinstaub, der eigentliche Abrieb der gröberen Körner, den man auch noch Schluff genannt hat, ein lästiger Bestandtheil aller zu plastischen Arbeiten verwendeten Trümmer- und Zersetzungsgesteine, z. B. aller Lehm- und Thonarten; doch wirkt er auch bei den Formsanden ungünstig, weil er die Porosität vermindert, ohne die Haltbarkeit, d. h. die Plasticität zu steigern.

Bei diesen fortgesetzten, beziehungsweise wiederholten Schlämmversuchen bleiben die Körner verschiedener Gesteinsarten zurück und zeigen, fasst man alle derartigen Resultate zusammen, sehr verschiedene Charaktere und Eigenschaften.

Abgesehen davon, dass man Quarz, Glimmer, Feldspath, Augite, Hornblenden etc. findet, kann man auch betreffs der Korngrösse und Korngestalt die grössten Unterschiede wahrnehmen.

Versuche von Reinhard mit tertiären und Diluvialsanden der Mark Brandenburg (s. die oben citirten Stellen) haben dargethan, dass gleiche Grösse und gleiche Gestalt der Körner ebenso vorkommen können, wie alle Grade der ungleichen Grösse und der ungleichen Gestalt. Mit dieser Wahrnehmung hängt aber noch die weit wichtigere zusammen, dass die Ungleichkörnigkeit nach Grösse und Gestalt die technische Brauchbarkeit der Sande ganz ausserordentlich beeinflusst.

Während Sande mit rundlichem Korn wenig Adhäsion zeigen, haben Sande mit spitzen oder flachen Körnern mehr Fähigkeit feste Aggregate zu bilden, ohne eines grossen Antheils an bindenden Lehmtheilchen oder eines erheblichen Procentsatzes an fetten, thonigen Bestandtheilen zu bedürfen. Man hat nicht nöthig, derartige Sande fest zu stampfen, weil sie auch bei leichter Behandlung hinlängliche Festigkeit gegen den Eisendruck zeigen und die Formen sind in Folge dessen bei gleicher Festigkeit poröser als die aus anderen, anders gekörnten Sanden hergestellten.

§ 11. Dieser einfachen Wechselwirkung zwischen Form und Grösse der Sandkörner und dem Gehalt des Sandes an thonigen Bestandtheilen stellt sich als complicirendes Moment das Vorhandensein des Steinstaubes, Schluffs oder Abriebs gegenüber. Wenn ausser dem feinen Thonüberzug der Sandkörner, ebenso feine, magere, d. h. nicht bündige Steinstaubtheilchen sich im Sand finden, hindern dieselben zunächst das gegenseitige Binden der Körner und füllen die bei dem Zusammendrücken des Sandes zurückbleibenden Zwischenräume, die Poren der Formmasse, aus, so dass sich der Einfluss dieses Staubes nach zwei Richtungen nachtheilig geltend macht: einmal durch Verminderung der Adhäsion, dann aber durch theilweise Störung der Porosität.

Da sich dieser Steinstaub nur durch andauernde vorsichtige Schlämmversuche nachweisen lässt, weil er leicht vom Wasser mitgeführt und dann als Thongehalt bestimmt wird, so erkennt man ihn besser noch durch Zerreiben des Sandes zwischen den Fingern und Aufstreuen auf dunkles Papier. Der Thongehalt adhärirt stärker an den gröberen Körnern, während der Steinstaub lose dazwischen sich bewegt; trotzdem gehört immerhin einige Routine und Uebung dazu, diesen unangenehmen Bestandtheil zu ermitteln.

In der Praxis macht er sich sehr bald bemerklich, durch rasches Unbrauchbarwerden des Sandes, wenn er nicht von vorn herein schon zu Ausstellungen Veranlassung gibt. Alle Sande, die schwer ballen und sich beim probeweisen Formen als zum Schlagen des Eisens Veranlassung gebende Materialien erweisen, die ferner stets mit grösseren Portionen frischen Sandes gemischt werden müssen, um nochmals brauchbar zu sein, werden sicherlich sehr gut nachweisbare Mengen solchen Schluffs enthalten — ebenso wie er in allen Thonen nachzuweisen ist, welche zur Produktion von bröcklichen, namentlich abschiefernden Steinen Veranlassung gegeben haben.

Sein Vorkommen deutet häufig auf eine andere wenig werthvolle Eigenschaft des Sandes hin, die nicht ununtersucht bleiben darf, auf das Zersplittern der Sandkörner beim Gebrauch. Ein Formsand, der durch wiederholten Gebrauch sehr rasch feiner, staubiger wird, lässt vermuthen, dass ein Theil seiner Körner aus Substanzen besteht, welche im Feuer, d. h. in der Gusshitze des Eisens zerspringen.

Derartige Sande können ebenso wie schluffhaltige Sande gebraucht werden, nur werden sie rascher verbraucht und verlangen stets eine starke Zumischung frischen Sandes. Da dieses Zerspringen sich stets weiter fortsetzt, so ist schliesslich eine künstliche Schluffbildung vorhanden, die bald zu einer vollkommenen Unbrauchbarkeit des Sandes führt.

§ 12. Bleibt nach dem Vorgetragenen, der praktische Versuch, immer das entscheidende Mittel, um einen guten Formsand zu erkennen, so liegen doch andrerseits schon Erfahrungen genug vor, welche den nur etwas in Petrographie und Geognosie Bewanderten Fingerzeige für die Aufsuchung von Formmaterialien gewähren.

Bis jetzt sind die besten Formsande stets als Verwitterungsprodukte von an Ort und Stelle anstehenden thonigen mittelkörnigen Sandsteinen aufgefunden und erkannt worden. Rothe oder gelbe homogene Sandsteine mit thonigem Bindemittel geben durch Verwitterung eminent brauchbare Formsande. Schluff und Staub ist ausgeschlossen, weil ein weiter Transport, der zum Abrieb Veranlassung hätte geben können, nicht vorhanden ist. Trotz der scheinbaren Gröbe des rohen Sandes kann er durch Trocknen und Mahlen hinreichend fein hergestellt werden, um auf dem Modell ganz glatte Formflächen zu geben.

Ein solcher Sand ist z. B. der aus der Gegend von Manchester und Liverpool herrührende rothe englische Formsand, der, namentlich früher, viel nach Deutschland importirt worden ist. Unzweifelhaft dürften manche deutsche Buntsandsteine analoge Produkte geben, wenn man denselben in den Thälern der Vogesen, in der südlichen Eifel, am Main und Neckar sowie a. a. O. nachforschen wollte. Die Farbe thut nichts zur Sache, wenn auch die dunkelrothe Eisenfärbung ein Indicium für die Verwitterbarkeit bilden dürfte. Auch die Kreidesandsteine und die ihre Stelle vertretenden Sande geben zur Bildung von Formsanden Veranlassung, sobald dieselben nicht zu mergelig oder kalkhaltig sind. Hierbei, wie bei den tertiären, noch mehr aber bei den Diluvialsanden tritt indessen bereits eine andere Erscheinung bei der Formsandbildung auf, die nicht zu übersehen ist.

Sobald man es nicht mehr mit zersetzem Sandsteine, sondern mit mächtigen, den Sandstein stellenweise ersetzenden Sandlagern zu thun hat, beobachtet man auch kalkige und thonige Infiltrationen, welche zu sehr verschiedenartigen Bildungen Veranlassung geben können. Während die kalkigen Bestandtheile des Lagers, unregelmässige rundlich knollige, dann wieder zerflossen aussehende Bildungen in Sandform bringen, vertheilte sich der Thongehalt des Lagers in dem losen Sande und bildet auf diese Art ein ähnliches Material, wie das aus dem verwitterten thonigen Sandstein entstandene.

Ist der solchergestalt mit einer Lehmbrühe imprägnirte Sand rein ausgewaschen gewesen und staubfrei, so erhält man ein ausgezeichnetes Formmaterial, während ein wechselnder oder wachsender Staubgehalt nur einen sehr mittelmässigen Formsand hervorzubringen vermag. Man hat oftmals derartige Sande mit dem Namen „regenerirte Formsande“ bezeichnet; doch ist diese Benennung falsch, weil dann die Präexistenz eines ursprünglichen Formsandes vorauszusetzen wäre, was in keinem Falle zu ermitteln ist.

§ 13. Das Studium der natürlichen Formsande führt naturgemäss auch zu deren Veränderung bezw. Verbesserung auf künstlichem Wege und zur künstlichen Darstellung von Formsanden überhaupt.

Man hat es nach und nach für wichtig genug erachtet, den natürlichen Formsand durch entsprechende Behandlung zunächst zu homogenisiren, da eine Gleichmässigkeit in Korn und Eigenschaften bei der Förderung kaum zu erzielen ist und weil die natürlichen Lagerungsverhältnisse nur sehr selten eine nahezu vollkommene Gleichmässigkeit impliciren können. Durch Trocknen, Mahlen und Sieben konnte man zunächst alle groben Verunreinigungen, Wurzeln, Steine, Lettenknoten und Kugeln u. s. w. ausscheiden und man verband mit dieser allerersten Vorbereitung auch oftmals die Gattirung und Mischung verschiedener Sande. Dabei blieb man nicht stehen, sobald man Materialien von etwas zu fetter Beschaffenheit hatte. Wie bei der Darstellung feuerfester Chamotten brannte man einen Theil des Sandes und mischte den auf diese Weise ausgemagerten Theil mit frischem Sand. Dadurch vermochte man aus einem Rohmaterial sich Mischungen von verschiedener Bindekraft und ebenso verschiedener Porosität zu bilden. Auch bereits gebrauchte Sande konnten in ähnlicher Weise verwendet werden, obwohl man die Zumischung gebrauchten Sandes wohl füglich dem für das Gelingen seiner Arbeit besorgten Arbeiter überlassen kann.

Diese einfache Vorbereitung führte naturgemäss nach und nach zur vollständigen Nachahmung von bekannten und ausgezeichneten Formmaterialien. Man ging bei der Untersuchung auf die mechanisch trennbaren Elemente zurück, suchte analoge Urmaterialien in der engeren und weiteren Nachbarschaft des Werkes auf und stellte mit Hülfe der Trockenkammern, Mühlen, Rätterwerke etc. selbst unter gelegentlicher Zuhülfenahme der etwas kostspieligeren Schlämmwerke verschiedene Mischungen dar, mit denen nun Gussversuche angestellt wurden.

Resultate solcher Versuche sind nicht bekannt gemacht worden; man muss aber annehmen, dass sie bei richtiger Umsicht gelingen, wenn man die Qualitäten der jüngsten mit denen der ältesten Eisengüsse einzelner Werke vergleicht. Bekannt ist, dass besonders in der Kunstgiesserei einzelne norddeutsche Eisengiessereien die Leistungen der mit sehr guten natürlichen Sanden arbeitenden Pariser Ateliers eingeholt haben und dass diese Fortschritte nur dem eingehenden Studium der Pariser Sande und den rastlosen Versuchen in deren Nachahmung zu verdanken sind (vergl. Dürre, Eisengiessereibetrieb S. 276.) Deshalb constatirt man auch bei allen grösseren Ateliers für Giessereibetrieb das Vorhandensein einer besonderen Werkstätte zur Darstellung der verschiedenen Sortimente von Formmaterialien. Es sind Werke bekannt, welche an natürlichen Materialien nur einen scharfen Mauersand, einen ordinären Formsand und einen gewöhnlichen Lehm besitzen, dennoch aber in ihren Sandmagazinen ihre 6—10 Sorten sehr verschiedener zum Gebrauch vorgerichteter Formmaterialien aufzuweisen haben, von welchen nach Vorschrift des technischen Leiters genommen wird.

Die Sandförmerei im offenen Herd.

§ 14. Wenn man einen flachen Gegenstand, dessen eine gerade Hauptfläche rauh sein darf, in eine auf der Hüttensohle aufgeschüttete hinlänglich dicke Lage Formsand, den Herd, eindrückt, die Seiten umstampft und oben mit den Kanten des Objects abschneidet, dann die so erhaltene Form nach dem Wegnehmen des Modells mit Eisen ausgiesst, so hat man ein Stück „Herdguss“, eine Gusswaare durch Sandförmerei im offenen Herd hergestellt.

So einfach diese Methode ist, so lässt sie sich doch auch auf eine ganze Reihe von Gegenständen anwenden; alle bedürfen aber einer sorgfältigen Vorbereitung des Herdes, d. h. der Hüttensohle.

Die Stelle, auf welcher geformt werden soll, wird, falls sie nicht schon aus Formsand besteht, vollkommen aufgegraben, um sie zunächst vollständig trocken zu legen resp. zu drainiren. Auch wenn nicht gerade erhebliche Bodenfeuchtigkeit vorhanden ist, muss man Bedacht auf eine möglichst luftige Unterlage nehmen. Man stellt sich eine solche am besten dadurch her, dass man den Grund bis 0,5 m vollständig entfernt und zu unterst ein grobes lockeres Bett von Ziegelstücken, besser noch von Cokes, Cinder etc. herstellt, auf welches dann der rohe oder gemischte Formsand zu liegen kommt.

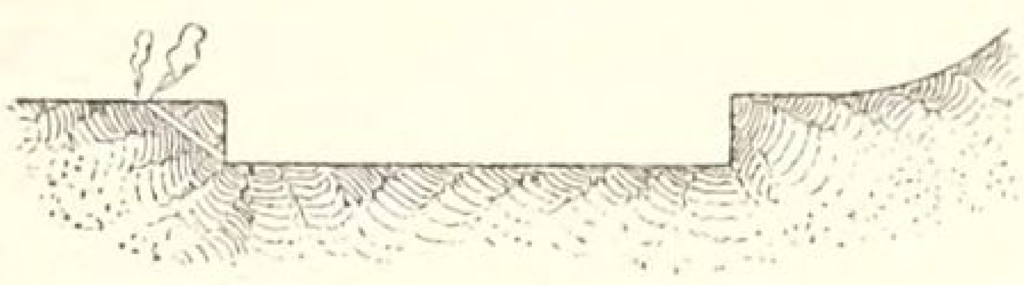
Dieser luftige Untergrund ist, abgesehen von der von ihm bewirkten Isolirung gegen die Feuchtigkeit, noch desshalb von hervorragender Wichtigkeit, weil er auch den seitlichen Abzug der in ihm entwickelten Giessgase vermittelt, wie bei einigen der folgenden Beispiele gezeigt werden soll.

§ 15. Der einfache in Fig. 1 dargestellte Fall ist das Einformen einer dicken Platte, welche horizontal in den geebneten Herd eingedrückt und dann umstampft wird. Man erkennt auf der Figur rechts die rundliche Mulde, auf der die Giesspfanne zu stehen kommt, links die für den Gasabzug der Wände gemachten Einstiche mit dem Spiess, welche auch unterhalb der Platte bis in die Isolirschicht hinein fortgesetzt werden können, um auch nach unten hin die Gase abzuziehen.

Auch schwache Platten, 10 mm dick, können aus dem hierzu gut geeigneten Eisen auf offenem Herd gegossen werden, sind aber nicht ganz leicht herzustellen. An anderen Orten (Dürre, Giesserei-

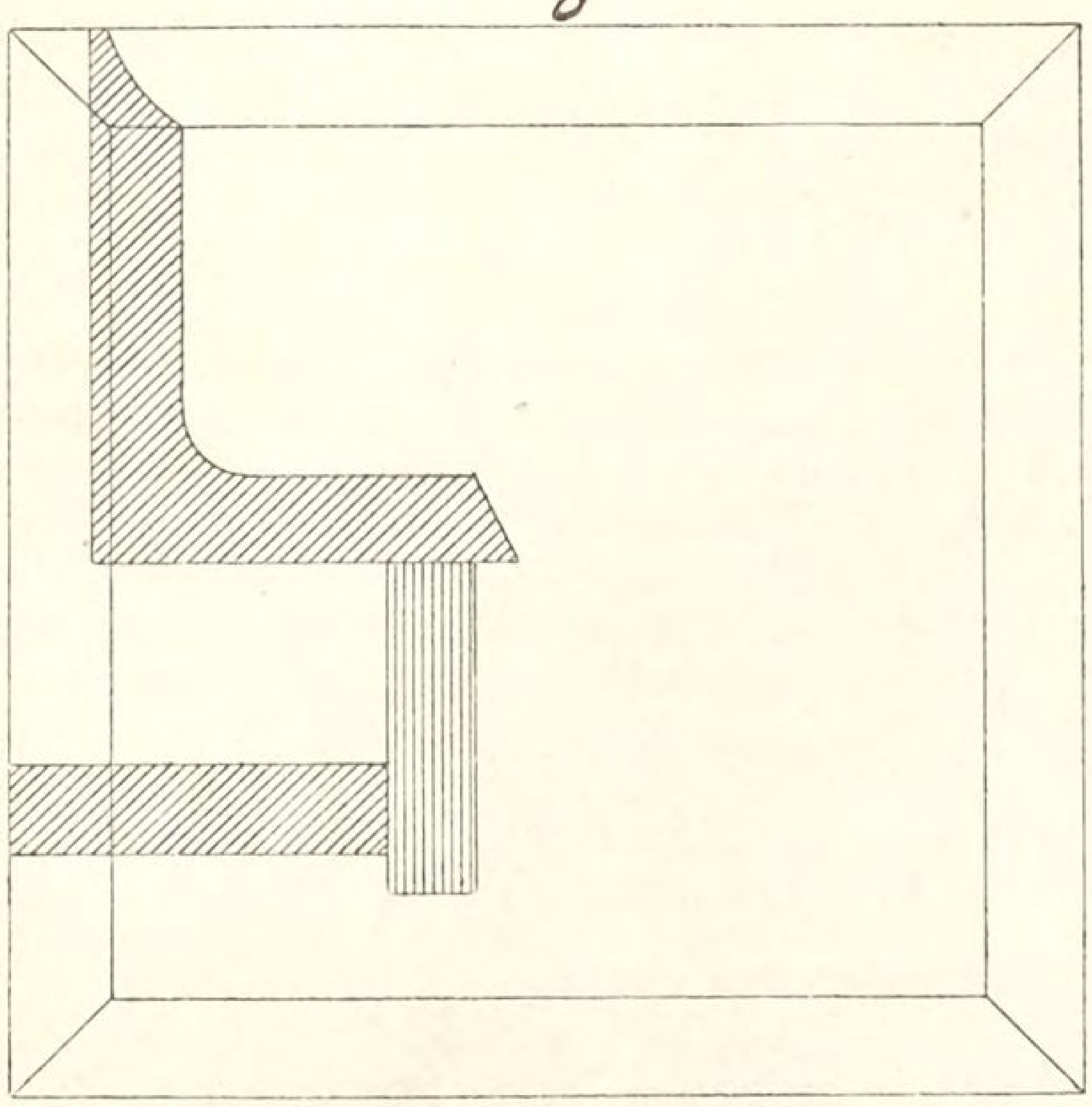
betrieb Bd. I. S. 18) hat sich der Verfasser ganz ausführlich über diese Fabrikation geäussert und hat namentlich dargethan, dass die Wechselwirkung zwischen der oberen und zwischen der unteren Abkühlungsfläche eine ganz bestimmte sein müsse, wenn die Platten gerade bleiben sollten. Ein feinkörniges nicht zu siliciumreiches, schwefel- und phosphorarmes Cokesroheisen hat sich in Gleiwitz, während langjährigen Betriebes als vorzugsweise und vollkommen geeignet erwiesen.

Fig 1.



Das Geradeschlagen und das Pressen der noch glühenden Platten lässt sich überdies nur mit einem vollkommen gesunden Material durchführen; fremde, die absolute Festigkeit des Eisens beeinträchtigende Substanzen würden einer derartigen Bearbeitung im höchsten Grade hinderlich sein.

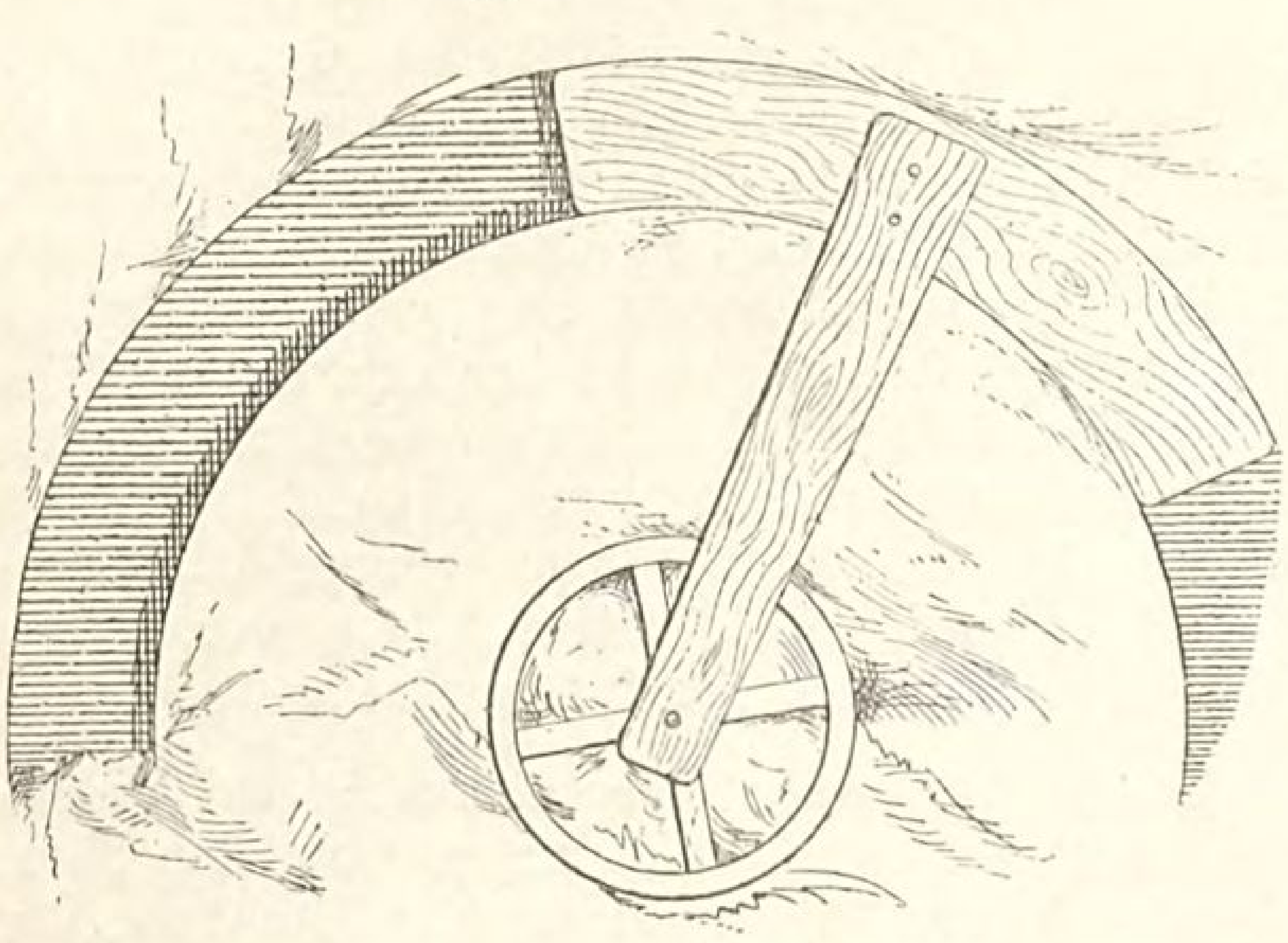
Fig. 2.



§ 16. Das Einformen von Platten auf dem Herd kann anstatt mit massivem Modell auch mit Rahmen, Winkeln und Schablonen stattfinden. Auch ausgeklinkte und sonst wie complicirt umrissene Platten kann man in dieser Art einformen, ohne einer kostspieligen Modellirung zu bedürfen. Man baut sich nur einen Modellrahmen, dem weitesten Umriss der Platte entsprechend und formt denselben möglichst wagerecht ein, nachdem man eine vollkommen plane Unterfläche hergestellt hat, auf welche der Rahmen aufgelegt werden kann. Sind die Seiten abgedämmt und ist der Rahmen weggenommen, so legt man mit Winkeln und Latten die erforderlichen Einsprünge und Einklinkungen fest und dämmt mittelst umgelegten Sandes nach und nach die neuen Umrisse auf. Fig. 2 gibt eine Andeutung eines solchen Verfahrens; die zum Herstellen des veränderten Umrisses benutzten Werkzeuge sind schraffirt gezeichnet und bestehen aus einem Winkel und einigen Latten, welche in gleichmässiger Dicke gehalten und darin dem Rahmen gleich sein müssen, um die ganze Plattenform gleich hoch einstampfen zu können.

In ähnlicher Art hilft man sich, wenn der Herdguss platte Oeffnungen erhalten soll. Zunächst formt man die Platte im Ganzen ein und dann benutzt man kleine Rahmen von gleicher Stärke, wie das Rahmenmodell der Platte, um an der durch die Zeichnung angegebenen Stelle rechtwinkelige oder anders geformte Sandpartieen aufzudämmen, welche dann beim Guss aus dem Eisen hervorragen. Sind die Oeffnungen nur klein, d. h. sind es nur Anker- oder Schraubenlöcher, so genügt ein kleiner in eine Holzform gedrückter Sandkern, die Oeffnung zu repräsentiren.

Fig 3



Die Förmerei auf dem Herd mit Schablonen kann aber auch für runde Gegenstände ausgenutzt werden, z. B. für die ringförmigen Platten, wie sie als Gichtkränze bei Kalköfen und bei einfachen Erzröstöfen den oberen Schachtrand der genannten Apparate bewahren.

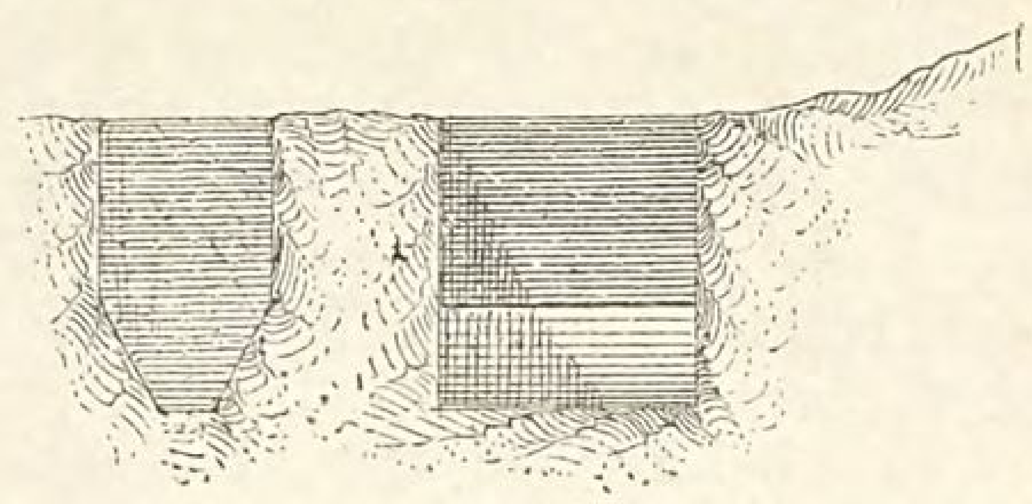
In der beifolgenden Fig. 3 ist verdeutlicht, in welcher Weise gearbeitet wird. Ein mit Armen versehener Lattenkranz wird auf der Mitte des ungefähr planirten Herdes eingeschlagen; er trägt einen starken Nagel, um den sich das als Radius des Modellsegmentes dienende Brett herumbewegen lässt. Dasselbe wird stets mit Hülfe der Setzwage an einer Stelle eingeformt, dann herausgenommen, weiter geführt und wieder eingeformt, bis man den vollständigen Kreis vollendet hat. Das das Centrum bildende Lattenkreuz muss natürlich fest liegen bleiben und darf

nicht verschoben werden. Ebensowenig darf das Brett um den Nagel zu bequem rotiren, weil sonst die Abweichungen zu gross werden, welche bei so roher Waare immerhin bis zu einem gewissen Maasse tolerirt werden können.

§ 17. Nicht allein flache plattenartige Körper, auch tiefe starkwandige Gegenstände werden im Herde geformt und gegossen.

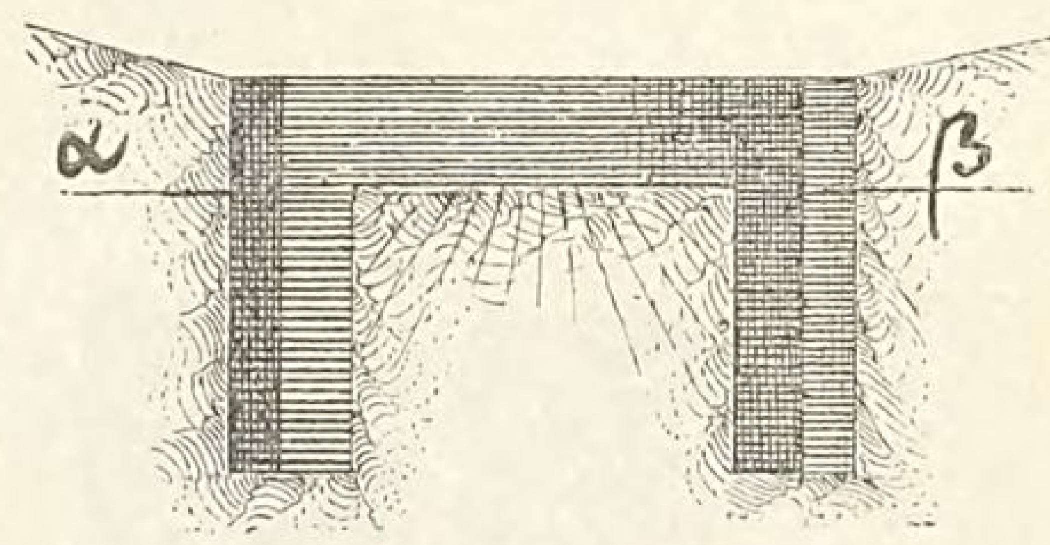
Für die alten Hammerwerke wurden die Ambosse und auch die Chabotten (Ambossschuhe) stets im offenen Herde gegossen. Eine Ambossform der Art stellt Fig. 4 dar, welche hinlänglich das Stärken- und Tiefenverhältniss dieses Artikels zu erkennen gibt. Natürlich ist für einen derartigen Fall ein Holzmodell vorhanden, welches um- und unterstampft wird, nachdem es in eine locker aufgesiebte Sandlage eingedrückt und vorläufig befestigt worden ist. Auf der einen Seite wird oftmals eine viereckige kleine Oeffnung im Amboss selbst verlangt, um beim Richten desselben in der Chabotte eine Brechstange einstecken zu können. Für diesen Fall wird nach erfolgtem Einformen an der einen Formwand ein Lehmkern eingesetzt und festgedrückt, welche Operation nicht ganz einfach ist, da beim Füllen der Form mit flüssigem Eisen, der kleine Kern leicht in das Schwimmen geräth und losreisst.

Fig 4.



In ganz anderer Weise gestaltet sich der Form- und Giessprocess bei den einem dickwandigen offenen Kasten ähnlichen Chabotten. Dieselben müssen verkehrt eingeformt werden und würden erhebliche Schwierigkeiten hinsichtlich der richtigen Ausstampfung der den inneren Raum bildenden Masse bieten, wenn man nicht sich durch Theilung des Modells zu helfen in der Lage wäre.

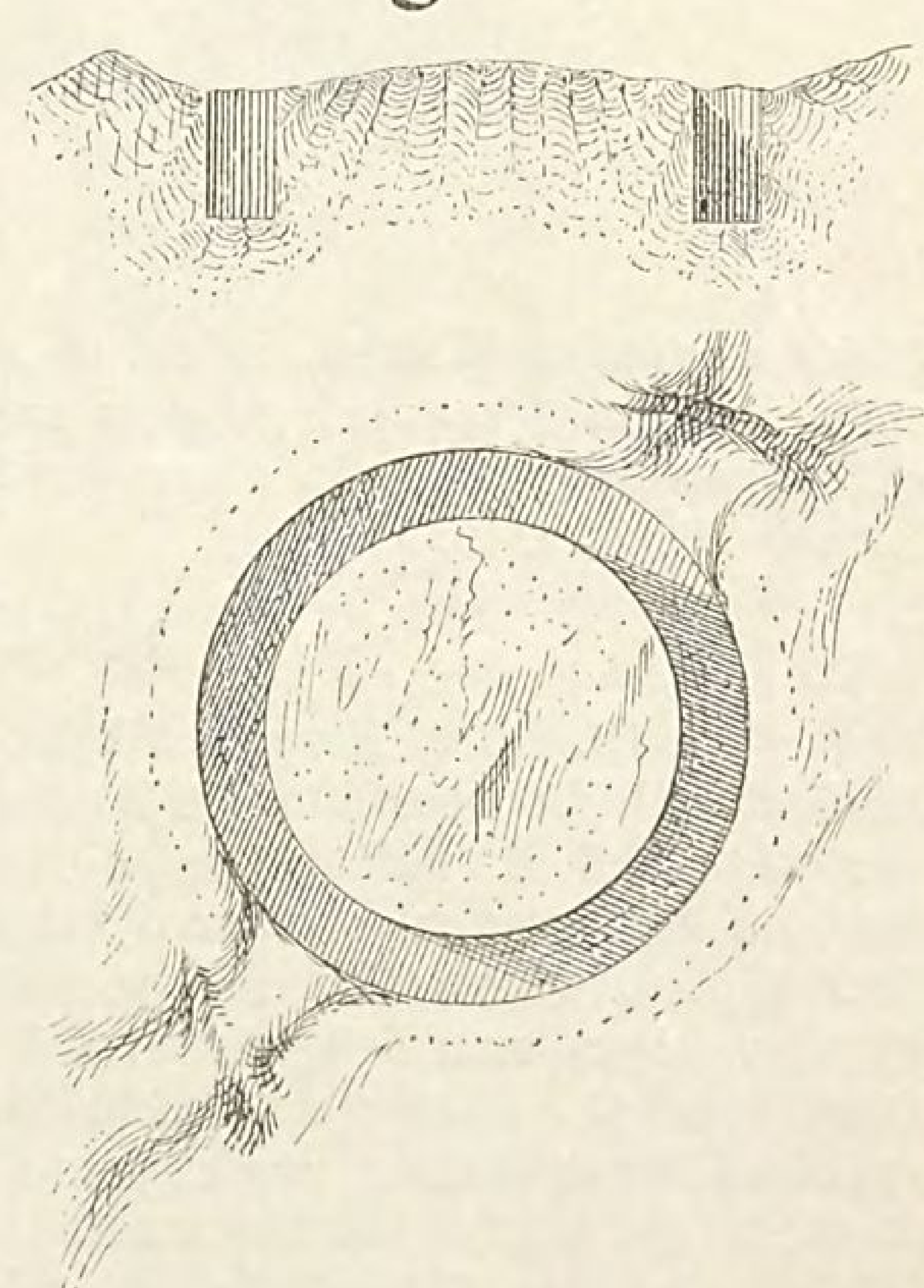
Fig 5.



Der Boden des ebenfalls kastenförmigen Modells trennt sich nach der Linie $\alpha\ \beta$ von den Wänden und wird, nachdem das ganze Modell in eine Grube, deren Boden dick mit fertigem Formsand übersiebt, eingestellt und eingedrückt ist, abgehoben, um auch innerhalb der vier Wände den als Kern von allen Seiten von Eisen umgebenen Sandkörpers richtig zu formen. Hauptsache dabei ist immer die Luftigkeit einer solchen Masse, wesshalb man kurz vor vollendetem Vollstampfen und Abgleichen die ganze Masse bis tief nach der Herdunterlage mit den Luftspiessen durchsticht, dann nochmals Sand fein aufsiebt und nunmehr den Boden des Modells aufdrükt.

Wenn nunmehr Alles umstampft ist, wird das Modell wieder in zwei Theilen herausgezogen und die Form demnächst mit Kohlenstaub ausgeschlichtet und nachpolirt.

Fig 6



Auch die Fig. 6 dargestellte Form eines schweren Ringes für Wellen, Chabottenstöcke etc. gehört in dieselbe Klasse von Formen und verlangt eine ähnliche Behandlung. Nach aussen zu kann der Sand immerhin fest gestampft werden; nach innen aber ist für möglichst vollkommene Lüftung zu sorgen. Die Grundrissfigur gibt an, wie auch aussenherum der Sand mit Luftlöchern versehen wird.

Zu bemerken ist hinsichtlich der bis jetzt beschriebenen Herdgüsse noch, dass nach erfolgter Erstarrung, die Gussoberflächen mit Sand zu überwerfen sind, um die zu schnelle Abkühlung zu vermeiden.

§ 18. Auch tiefe und schmale Formen kann man auf dem Herd herstellen und ausgiessen; natürlich müssen dann die Wände kräftig und auch hinreichend luftig aufgestampft werden.

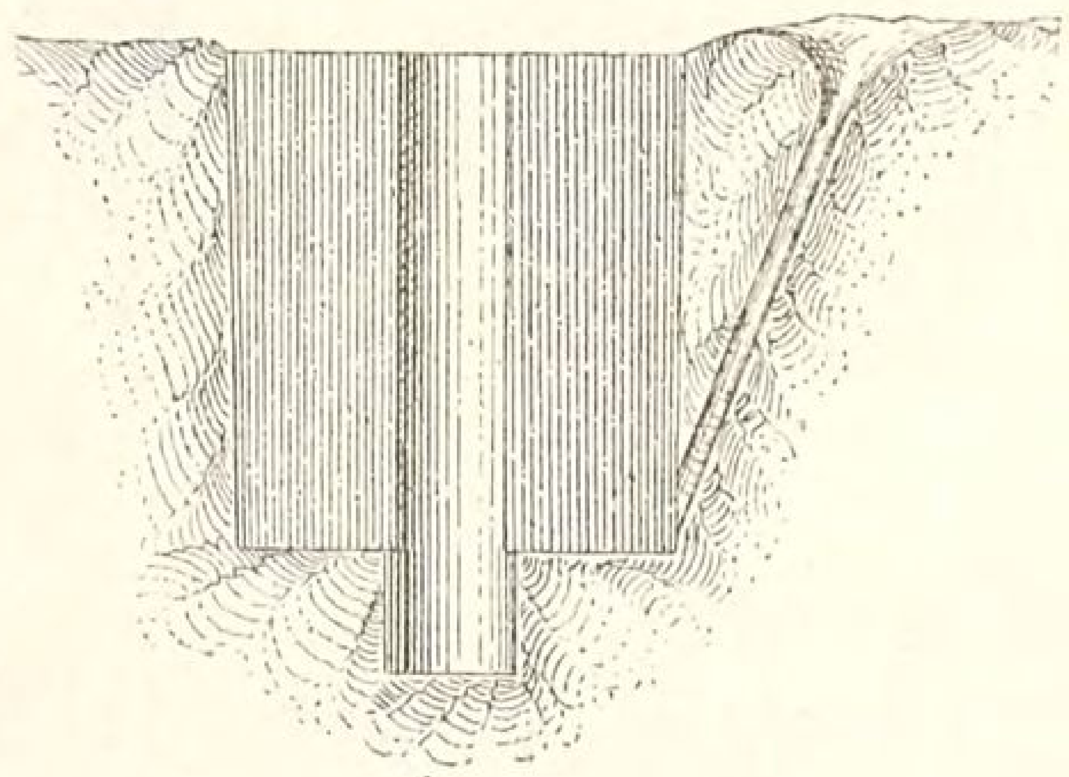
Eine derartige Arbeit, die nicht selten vorkommt, ist der in Fig. 7 dargestellte Wellzapfen für Hammerwellen. Eine Platte ist mit einem runden Zapfen versehen, welcher durch eine in der Blattfläche vorhandene Anschwellung angedeutet ist und den besten Uebergang findet. Wegen der grossen Tiefe der Form würde das Eingiessen des Eisens von oben her erhebliche Auswaschungen des Sandes

verursachen, wesshalb für diesen und ähnliche Fälle das Anbringen eines seitlich herabführenden Eingusses vorgezogen werden muss, der auf der Grundfläche der Form mündet und das Eisen dann in horizontaler Richtung entströmen lässt. Um bei einem derartigen Fall auch das Auswaschen des Eingusskanals selbst zu vermeiden, baut man denselben aus kegelförmigen, den Drainröhren ähnlichen Rohrstücken, die man ineinandersteckt, zusammen und ist dann auch eher in der Lage, dem Eisen jede beliebige Richtung zu geben. In Fig. 8 ist ein solcher Fall, das Einformen einer gewöhnlichen Walze mit vierkantigem Axenloch, dargestellt, die innere Höhlung ist durch einen vierkantigen, aus festem Sand in eine Kernbüchse gestampften oder aus Lehm gestrichenen Kern repräsentirt, welcher gut getrocknet, d. h. gebrannt in die Form eingesetzt wird. Um das Schwimmen desselben im flüssigen Gusseisen zu verhindern, wird er mit Eisen beschwert, wie es die Figur andeutet.

Das Eisen läuft, indem es aus dem Einguss tangential zur Aussenfläche austritt, in rotirender Bewegung, die Form anfüllend, um den Kern und spült dabei alle etwaigen Unreinigkeiten nach der Mitte zu, so dass die nachherige Walzenfläche die möglichste Reinheit zeigt. Dieses Verfahren wird auch bei der sonstigen Walzenherstellung in Coquillen etc. beobachtet und gibt auch da die gleichen Vortheile.

Bei der Benutzung von solchen gebrannten und getrockneten Theilen, wie sie im vorgeschriebenen Beispiel die Eingusstrichter und der Kern darstellen, ist eine gewisse Eile bei der Zusammenstellung oder Benutzung der Form naturgemäss geboten, um die genannten Stücke dem Einfluss der Sandfeuchtigkeit nicht preiszugeben und um ein Zerfallen derselben zu verhüten. Der Sand selbst verliert ebenfalls

Fig 7.



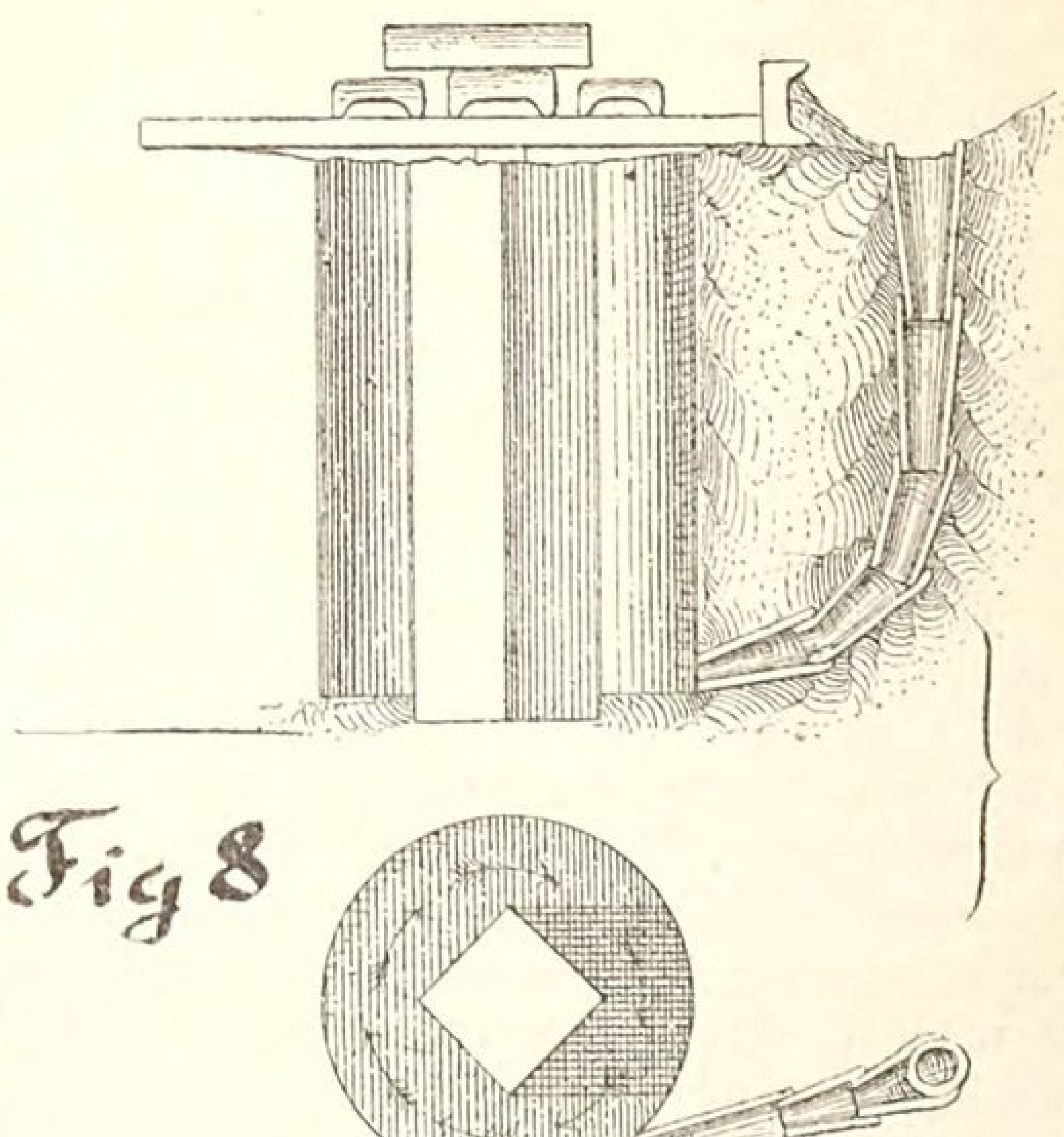


Fig 8

durch zu langes Warten, indem er austrocknet und an Cohärenz einbüsst. Auf dem offenen Herd vollzieht sich ein derartiger Process rascher als im Kasten, so dass die Herdförmerei ganz besonders darauf angewiesen ist, mit einer gewissen Raschheit zu arbeiten, mindestens bald nach beendetem Einformen abzugiessen.

Die Sandförmerei im gedeckten Herd.

§ 19. Der Herdguss kann auch unter einer Decke hergestellt werden, wenn es sich darum handelt auch die Oberseite des Gusses glatt zu erhalten. Es wird ganz so verfahren wie beim offenen Guss, nur wird nach Beendigung des Förmereiprocesses eine Deckplatte von Gusseisen aufgelegt, welche auf der unteren, dem Guss zugekehrten Seite, mit Lehm überzogen ist und dessen Fläche sorgfältig abgeschlichtet, überhaupt so behandelt wurde, wie die zum Lehmguss benutzten Formstücke. Bei grossen zu deckenden Flächen, wenn man beispielsweise den Fig. 3 dargestellten Ofengichtkranz unter Decken giessen wollte, setzt man die letzten aus mehreren Stücken zusammen und verstreicht und dichtet die möglichst radialen Fugen aussen mit Form und Lehm, der von dem Guss noch durch aufgelegte Holzkohlen oberflächlich getrocknet werden muss.

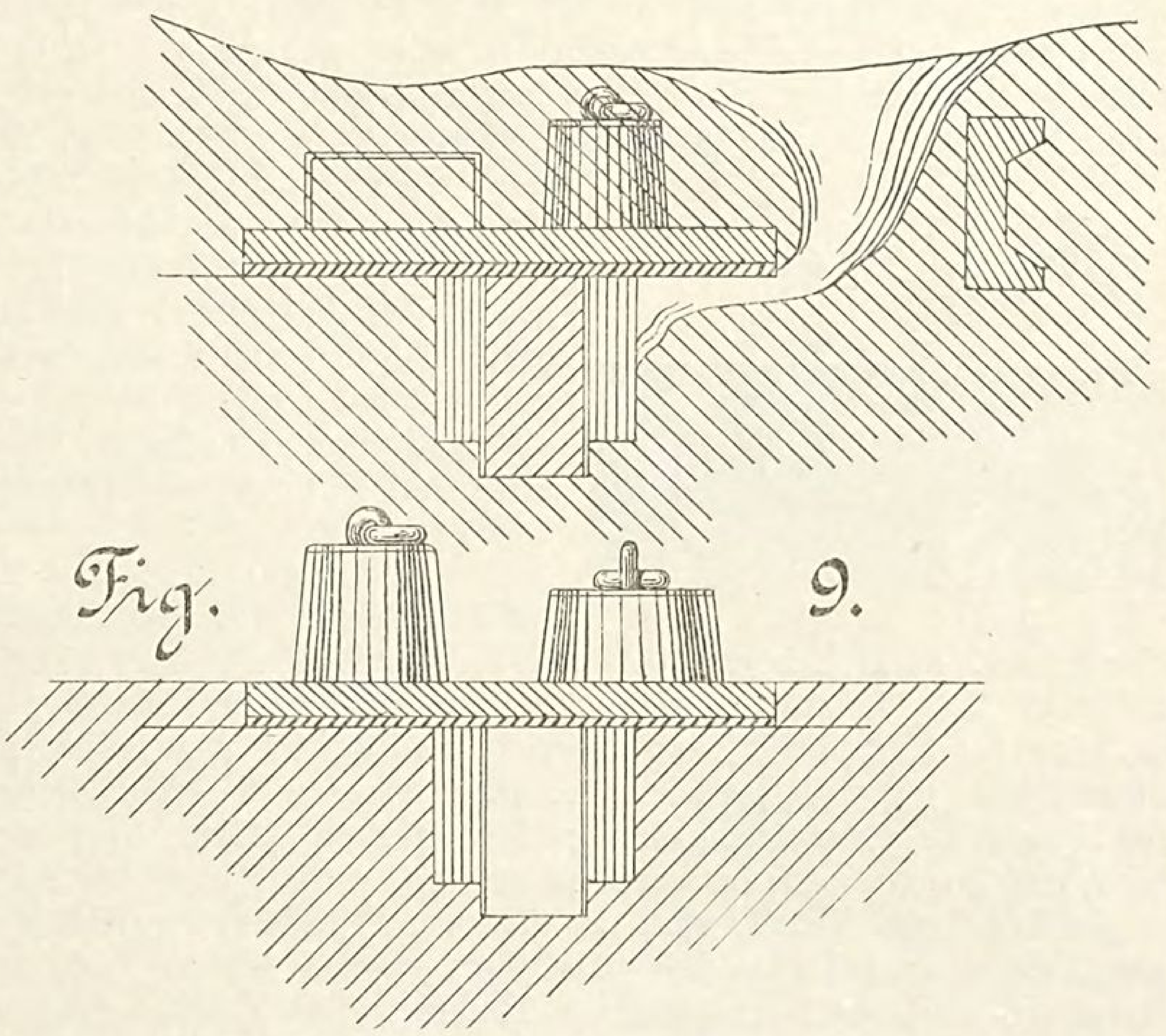
Interessant sind die unter Verdeck gegossenen Radkränze für Holzkämme, wie sie noch immer von einzelnen Mühlenbaumeistern bevorzugt werden. Hierzu wird in vielen Fällen nur ein Segment als Modellstück gemacht, welches dann einen oder zwei der zur Verbindung mit den hölzernen Armen erforderlichen Schuhe trägt. Ausserdem sind auf der einen, beim Einformen unten liegenden Seite kleine Klötze als Marken für die Kerne aufgeleimt oder aufgenagelt, welche in der Form ebensoviel Vertiefungen zurücklassen. In diese Vertiefungen stellt man dann die in einem Kästchen aus fettem Sand

gepressten und sorgsam nach dem Schlichten getrockneten Kerne, welche nicht höher als bis an das später aufzulegende Verdeck reichen dürfen. Nach vollendetem Einformen und Einsetzen der Kerne werden die Verdeckplatten sehr genau aufgelegt und in ihren Fugen verstrichen, darauf die Eingüsse vorgerichtet, die vielfach von der Innenseite in die Form treten und, da die Gusspfannen doch nur auf der Aussenseite stehen können, die Anlage von aus Sand auf den Verdeckplatten aufgedämmten Gussrinnen verlangt.

In der Fig. 9 sind die entsprechenden Verhältnisse dargestellt und sowohl ein Durchschnitt durch einen Eingusstrichter als ein zweiter Durchschnitt durch den Radkranz selber gegeben. Auch hier muss nach dem Auflegen der Verdecke möglichst presto gearbeitet werden, um den Lehm der Verdecke und den fetten Sand der Kerne nicht zu feucht werden zu lassen. Diesem Beispiel gedeckten Herdgusses könnten noch viele angereiht werden, die z. Th. ein höheres technisches Interesse beanspruchen. Es wird wegen dieser anderen Fälle auf des Verfassers Giessereibetrieb verwiesen, dem auch die wenigen bisher mitgetheilten Beispiele entnommen sind.

Die Sandförmerei im zweitheiligen Kasten.

§ 20. Wenn die gewöhnlichen lehmbestrichenen Deckplatten der Herdförmerei durch vollgestampfte Kasten ersetzt werden, ist im Princip schon die zweitheilige Kastenförmerei vorhanden, da es irrelevant ist, ob die Masse des Unterkastens durch diesen, oder durch den übrigen Herd begrenzt wird. Nur wenn, was vorkommen kann, der Unterkasten zuerst geformt werden muss, liegt der Fall anders und es muss auch die untere Formhälfte beweglich sein, was nur durch Anwendung eines Kastens möglich ist.


Fig. 9.

So findet z. B. der grösste Theil der Falz- und Kochherdplatten-Förmerei auf ersterem Wege statt, indem das ganz flache Modell auf den gelockerten und übersiebten Herd aufgelegt und festgedrückt wird, wodurch eine genügende Abformung der Unterseite stattfindet. Der Herd wird alsdann rings um das Modell bis zur Oberkante des Letzteren aufgestampft, abgestrichen und mit dem zur Trennung von der Sandmasse des Oberkastens erforderlichen Streusand bestreut. Darauf setzt man den Oberkasten auf, keilt ihn im Herd mit flachen Eisenkeilen fest, um ihn nach Herausnahme des Modells wieder richtig aufsetzen zu können und stampft ihn nach Festsetzen des Eingusses voll.

Auch Roste, Roststäbe und Rostbalken, werden in ähnlicher Weise fabricirt und es können dabei schon etwas complicirtere Flächen sich im Oberkasten abformen. — Immer müssen aber die Gegenstände im Ganzen einfacher sein, da es dem auf dem Herde formenden Arbeiter zu schwer sein würde, mit der bei complicirten Formen nothwendigen Genauigkeit andauernd thätig zu sein. Solche complicirte Formen stellt man lieber im Kasten dar und nur bei ausnahmsweise sehr grossen Gegenständen, wo fetter Sand angewendet werden muss, formt man auf der Giessstelle und muss dann allerdings auch sich mit einer etwas oberflächlichen Trocknung der Formflächen begnügen (s. Massenförmerei).

Die Beschaffenheit des Sandes anlangend, so ist dieselbe wesentlich die gleiche wie bei den Arbeiten auf dem Herd, nur wird in manchen Fällen sehr durchlässig gearbeitet und mit sehr magerem Sand, während andrerseits bei etwas klotzigeren Formen fester und consistenter gestampft werden muss, um dem Eisen Widerstand zu leisten. Der Förmer muss sich dabei durch Zugabe frischen Sandes helfen, während er im anderen Fall durch Vorherrschen des gebrauchten Sandes wirkt, vorausgesetzt natürlich, dass der Sand durch den öfteren Gebrauch nicht zu fein geworden ist und zu sehr an Porosität eingebüsst hat.

Am Weitesten geht man mit der Magerkeit des Sandes beim Guss von Gefässen, deren Formen grosse von Eisen umflossene Sandmassen, die Abbilder des Innenraums, enthalten; aus diesen Massen

müssen die Gase ohne jede Wandbeschädigung und ohne jede Störung des Eisens entweichen können und desshalb halten vielfach derartige Sandkerne nur durch die eigene Feuchtigkeit und können eine längere Frist bis zum Guss kaum vertragen.

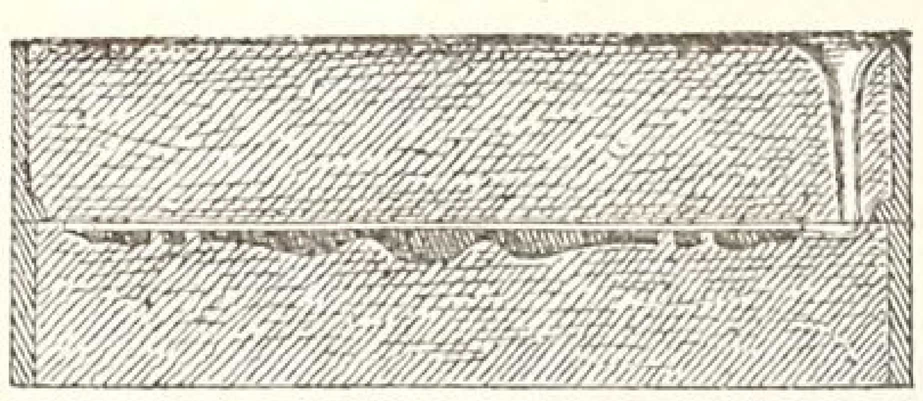
Der im Bereich der ganzen Sandförmerei beliebte Zusatz von Steinkohlenstaub wirkt ausgleichend auf die Gegensätze einzelner Eigenschaften des Formsandes und macht einerseits sehr magere Sande etwas bündiger, während er zu compakte und zu fette Sande etwas lockert. Natürlich darf der Zusatz an sich nicht zu gross sein, um das unnütze Dampfen des Sandes beim Guss zu vermeiden, da die Steinkohle beim Contakt des flüssigen Eisens unbedingt einen Destillationsprocess erleidet.

§ 21. Einfache Beispiele von zweitheiliger Kastenförmerei bieten alle glatten und verzierten Platten, wie sie zu Oefen, Herden etc. gebraucht werden. Etwas weniger leicht zu formen sind die durchbrochenen Platten aller Art, Gitterthüren, Luftgitter, Fenstertritte etc., bei denen die Durchbrechungen noch nicht die Fläche der vollbleibenden Theile erreichen.

Die nebenstehende Fig. 10 stellt die Form einer verzierten Platte dar, welche theilweise durchbrochen ist. Die Verzierungen, d. h. die verzierte Seite, liegen nach unten, um durch den Druck des Eisens besser gefüllt zu werden; auch bietet diese Lage grössere Bequemlichkeit betreffs des Ausstaubens oder Ausschlichtens, weil man, ohne viel Manipulirens mit dem Kasten, das Modell einfach in den überstäubten Unterkasten wieder eindrücken kann.

Dagegen ist das Einformen selbst insofern complicirter, als sich mit voller Sicherheit eine solche verzierte Platte nicht in den Sand freihändig eindrücken lässt, sondern als man den Unterkasten zuerst in umgekehrter Lage einformen muss, wenn man betreffs der Wiedergabe der Verzierungen vollkommen sicher gehen will. Man legt desshalb das Modell auf ein mit einem seitlichen Anschlag versehenes Modellbrett und stülpt den Unterkasten so darüber, dass ringsherum Raum bleibt, auf einer Seite sogar noch für den Einguss, der auf der Trennungsfläche beider Kasten an der einen Schmalseite entlang laufen muss.

Fig. 10.



Der Unterkasten kann reichlich fest ausgestampft werden; auf das Modell direkt siebt man den Sand durch ein feinmaschiges Sieb, während man den übrigen Sand durch ein sogenanntes Erbsensieb geben kann. Ist der Kasten gefüllt, so wird er abgestrichen und mit einem zweiten Modellbrett, dessen Anschlag auf der dem Anschlag des ersten Modellbrettes entgegengesetzten Seite liegen muss, bedeckt und gewendet.

Nunmehr liegt das Modell mit der glatten Seite nach oben im Unterkasten vor dem Arbeiter, welcher nach Säuberung der ganzen Fläche und nach Ueberstäuben der Sandflächentheile mit nicht haftendem Streusand, den Oberkasten aufsetzt. Sobald der Gusstrichter, ein kegelförmiger Holzstab, mit Hilfe einer Hand voll Sand placirt ist, wird der Kasten mit Sand übersiebt und die Füllung desselben nach und nach bewerkstelligt. Ist die Aussenfläche glatt abgestrichen, so nimmt man zuerst den Einguss heraus und bricht den oberen Rand des Kanals zu einer trichterartigen Erweiterung. Dann hebt man den Oberkasten ab und stellt ihn zur Seite, um ihn zu bestäuben und zu glätten, worauf man zum Ausheben des Modells schreitet. Dasselbe, in der Regel von Metall, wird mit eisernen Schrauben, welche in vorgeschnittene Mutteröffnungen passen, ausgehoben, nachdem es leicht beklopft worden ist und, bei unbeschädigt gebliebener Form, dieselbe überstäubt und durch nochmaliges Einlegen des Modells gussbereit gemacht. Vor dem Ausheben des Modells hat man noch den mehrfach sich gabelnden Eingusskanal vom Fuss des verticalen Kanals aus in die Substanz des Unterkastens geschnitten. Die Form ist jetzt zum Zusammensetzen, Beschweren und Giessen fertig.

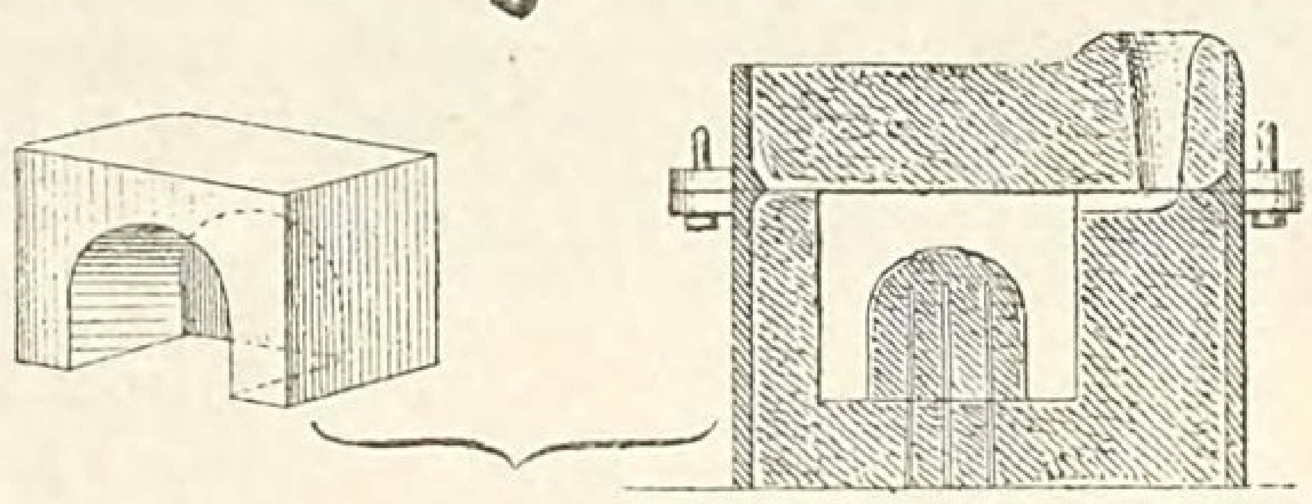
§ 22. Aehnlich wie die geschilderte Platte werden Roste, Gitter kleinerer Dimension, Durchbrechungen, Oberlichte etc. abgeformt und hergestellt. Erhält das Objekt andere Verhältnisse, mehr Masse im Gegensatz zur Oberfläche, so muss stellenweise anders verfahren werden. Regel ist allerdings: den Gegenstand soweit in den Unterkasten einzusenken als es möglich ist, ohne das Modellherausziehen zu gefährden. Gegenstände mit parallelen Seitenkanten werden zumeist so eingeformt, dass diese Seitenkanten in der Form vertical zum Ausdruck kommen. Dabei wird diejenige Fläche zur Unterfläche genommen, welche am Meisten Details hat, während die glatte Fläche nach oben kommt. Ein Würfel wird so einzuformen sein, dass eine Seite mit der Trennungsfläche der beiden Kasten zusammenfällt und der ganze Würfel in den Unterkasten zu liegen kommt. Man wird bei der Manipulation aber finden, dass die Adhäsion der Form an das Modell in solchem Fall schon eine sehr grosse ist. Bei parallelepipedischen Klötzen wird man desshalb die beiden grössten Flächen der Kastentrennungsebene parallel legen, um die Adhäsion möglichst gering zu gestalten.

Unregelmässige Körper, wenn auch von einer Zone parallelkantiger Flächen umgeben, verlangen oft eine etwas andere Lage.

Der kleine Lagerklotz, dessen Gestalt und Form in Fig. 11 abgebildet sind, erscheint vollständig im Unterkasten eingeformt, die Hohlseite nach unten, die glatte Bodenseite nach oben. Hier laufen die parallen Seitenkanten normal zur Kastentrennungsebene. Man hätte aber auch so einformen können, dass die mit dem Lagerboden gleichkantigen Flächen, sowie die halbcylindrische Innenfläche vertical zu stehen gekommen wäre. In der hier gegebenen Disposition ist indess das Modellausziehen bequemer.

Ganz anders stellt sich die Sachlage bei dem Klotz Fig. 12, der zu einer Ausrückvorrichtung gehört. Hier ist ein zu den Flächenzonen des Klotzes schrägstehender Ausschnitt vorhanden, der parallelwandig und halbcylindrisch geschlossen ist. Eine andere Lage als die in der Skizze angegebene lässt sich wegen der übergreifenden Ränder der beiden Langseiten des Klotzes nicht wohl wählen und man ist desshalb genöthigt, die Trennungsfläche der Kasten zu brechen, um nur die Langseiten ganz in die Masse des Unterkastens zu bekommen. Der Einguss wird auf die eine ansteigende Fläche gesteckt, obwohl man dann dafür sorgen muss, dass vor und hinter der Sandfüllung der Ausklinkung das Eisen in die Form läuft, um jenen schwachen Sandwall nicht entzwei zu drücken.

Fig 11

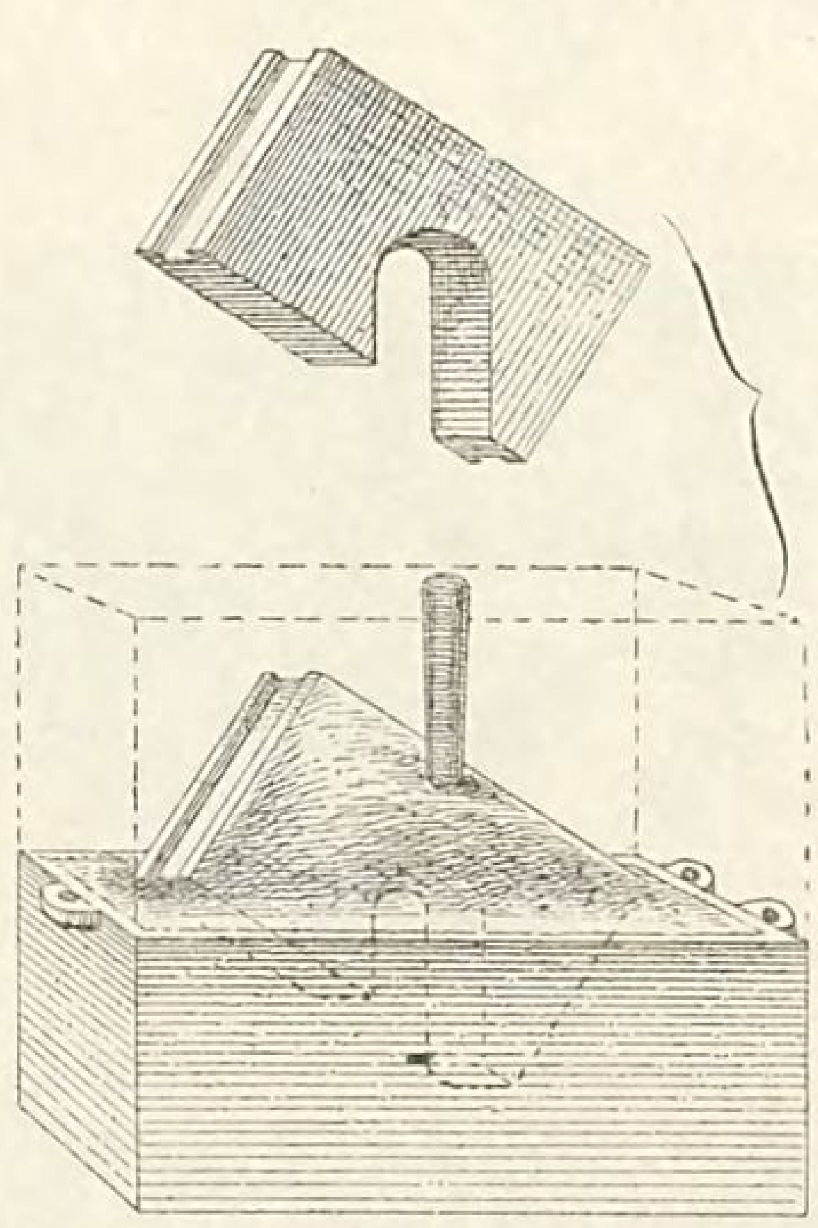


§ 23. Unter die interessantesten und wichtigsten Aufgaben bei dem zweitheiligen Kastenguss in gewöhnlichem Sand gehört die Herstellung der Räder, sowohl der Getriebe und Zahnräder, als auch aller Arten Laufräder, Stellräder, Schwungräder, Riemscheiben und Seilscheiben, soweit deren Dimensionen die Herstellung in gewöhnlichem Sand gestatten und mit Ausschluss der Hartgussräder, bei deren Herstellung eiserne Formtheile mit concurriren.

Ein einfacher Fall ist das Einformen eines gewöhnlichen nicht breiten Stirnrades mit 5—6 Armen, gleichseitiger, d. h. symmetrischer Nabe und kreuzförmigem Querschnitt der Arme. Ein solches Rad fällt mit der ganzen Zahnbreite in den Unterkasten und nur in den segmentartigen Zwischenräumen zwischen den Armen, der Nabe und dem Kranze wird der Formsand bis ungefähr in die Symmetrieebene des Rades weggenommen und dann erst zum Aufsetzen des Oberkastens geschritten.

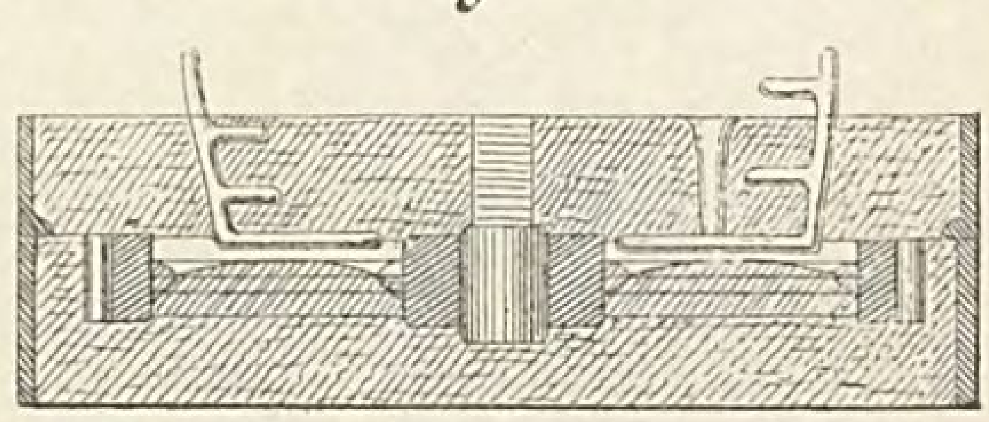
Der Einguss kommt in eine Ecke des Kastens, bei grösseren Rädern aber in mehrfacher Zahl zwischen die Arme zu stehen, um das Auslaufen der Zähne möglichst ohne Schweissung zu ermöglichen. Um den bis in die Theilungsfläche herunterhängenden Sandmassen des Oberkastens Halt zu geben, legt man Gehänge ein, die man von Gusseisen, wie auch von Schmiedeeisen herstellen kann und die man auf die erste aufgesiebte Sandlage setzt, nachdem man sie in Lehmwasser getaucht, um den Sand zum Anhaften zu bringen. Unten haben derartige Segmenthalter oft sich verzweigende Aeste, um besser den Sand zu fassen; sie sind in der Figur ebenfalls angedeutet. Auch eine cylindrische Luftform wird auf die Marke des Nabenkerns gestellt und eingeformt, um später die Luft des Letzteren leichter entweichen zu lassen. Dieser cylindrische Raum wird nach Zusammenbau der Form mit Sand locker angefüllt und zugestrichen.

Fig 12



Ehe man das Modell auszieht, muss man es leise beklopfen und namentlich dem Sand der Zahnintervalle grössere Aufmerksamkeit schenken. Sind die Zähne verhältnissmässig eng, so muss man die Intervalle festnageln durch Doppelnägel aus Draht, welche mit einem Schenkel durch das ganze Intervall gesteckt werden, während sie mit dem anderen kürzeren Schenkel in der Sandmasse ausserhalb des Kranzes sitzen. Bei grossen Rädern wird natürlich anders gearbeitet, ebenso bei Rädern mit übermässig feiner Theilung. Bei den letzteren besonders wendet man während des Kernausziehens metallene Beschwerungen an, die man sich durch Umgiessen des Metallmodells mit Zinnblei oder Zinkantimon etc. hergestellt hat und nun segmentweise genau auf die Formsandmasse legt, so dass jedes Zahnintervall festgehalten wird, bezw. nicht herausgerissen werden kann.

Fig. 13.

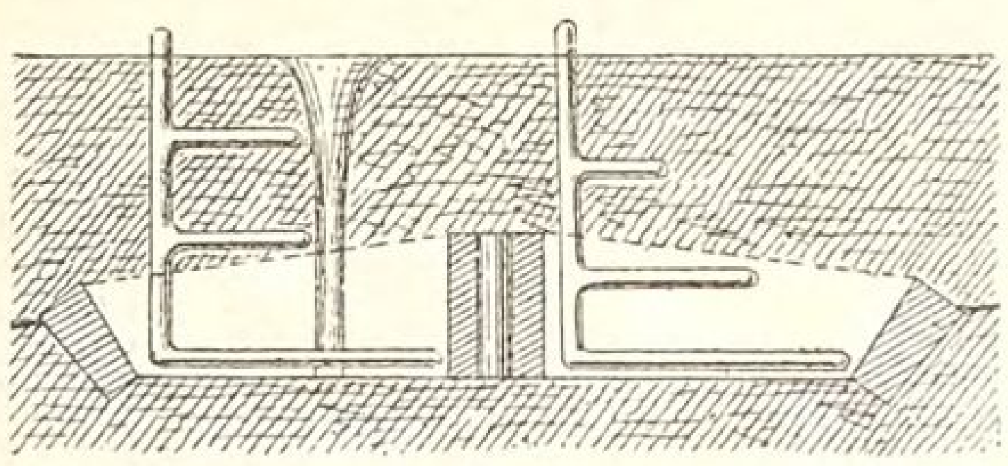


Diese umständliche Förmerei wird sehr oft durch das noch weit genauere Ausfraisen der Zähne aus einer stählernen, resp. eisernen Scheibe ersetzt und man hat im letzteren Fall glatt bearbeitete

Zahnflächen, wie sie der Gang der betreffenden Maschinen vorzugsweise erfordert. Auch mit Formmaschinen, wie sie demnächst beschrieben werden, kann man derartige feine Sachen besser formen, als von Hand.

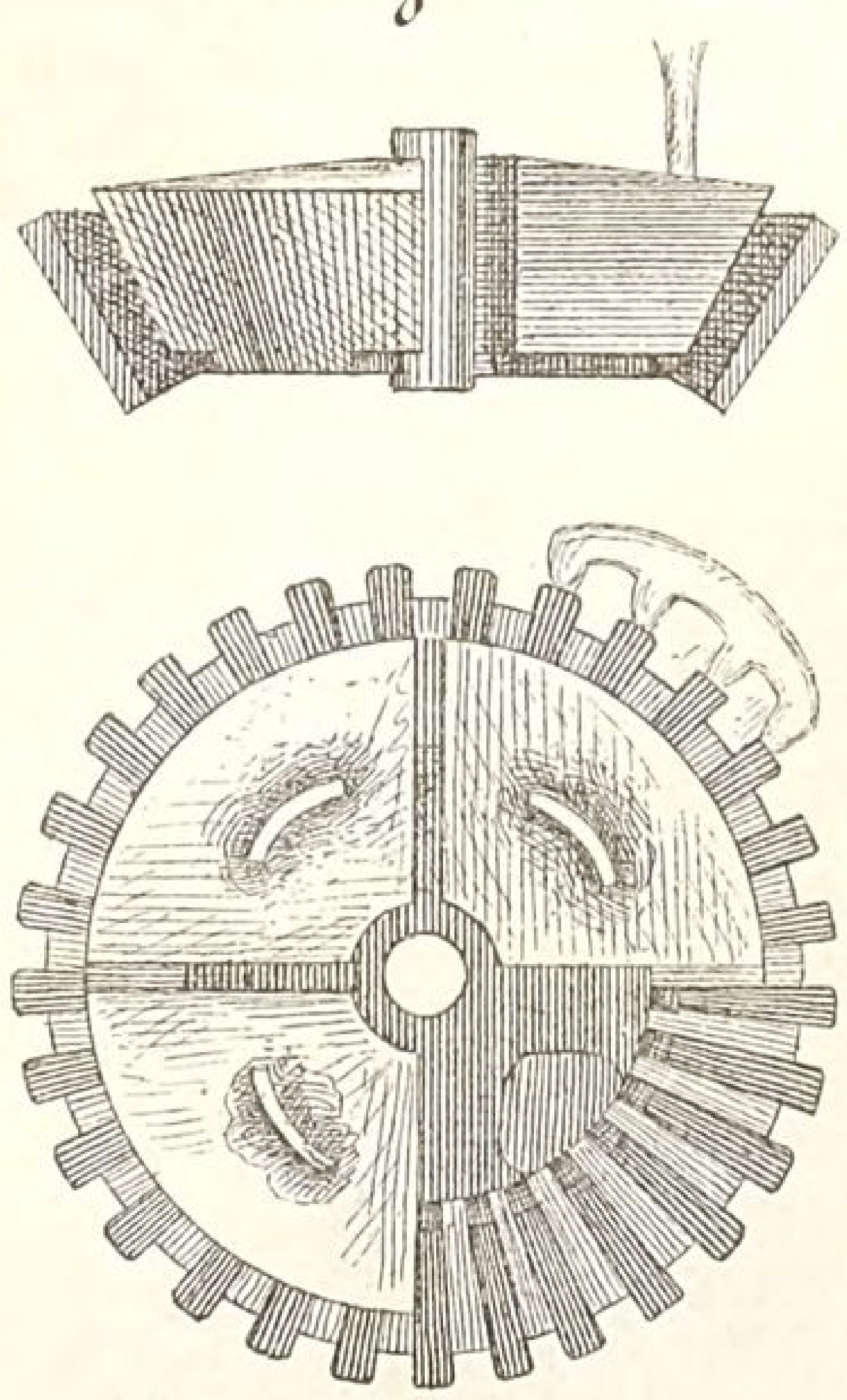
§ 24. Bei den Winkelrädern ist die Frage des glatten Aushebens der Zähne schon etwas bequemer zu lösen, weil die Lage der Zahnflächenlänge keine verticale ist und weil beim Ausheben die Reibung der Flächen des Modells mit denen der Form, wie sie bei den Stirnrädern unvermeidlich ist und bis zum Verlassen der Form seitens des Modells andauert, nicht vorkommen kann.

Fig. 14.



Winkelräder mittlerer Grösse werden in der Fig. 14 angedeuteten Weise behandelt und eingeformt. Auch hier läuft die Kastentrennungsfläche durch die Mittelebene der Querrippen des Armkreuzes und da diese Querrippen gewöhnlich auf der Seite der Kegelspitze des Rades liegen, so zieht sich die Theilungsfläche auf der Innenseite des Radkranzes herab zum kleineren Durchmesser und es entstehen oft tiefherabreichende Höhlen, welche von dem Sand des Oberkastens auszufüllen sind. Wo diese Ausladung nicht viel beträgt, z. B. 100—180 mm, hilft man sich noch mit in der Fig. 14 angedeuteten Gehängen, während man bei ganz kleinen und auch bei grossen Winkelrädern anders verfährt.

Fig. 15.



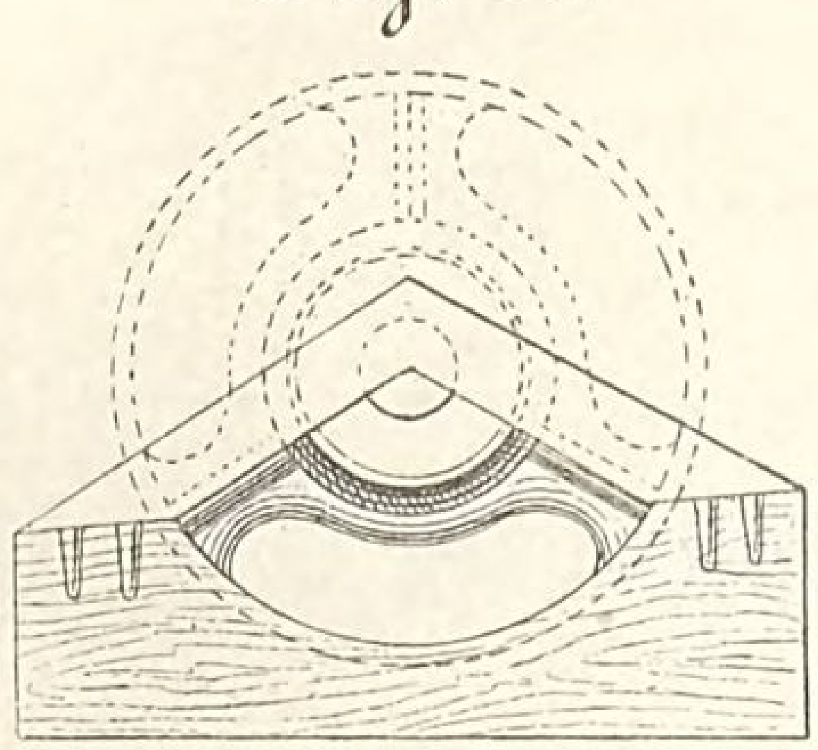
Man formt den Unterkasten in gewöhnlicher Weise ein, streicht genau mit der Unterfläche der Querrippen der Arme ab und ebenso mit der oberen Rundfläche des Zahnkranzes. Dann stampft man die segmentförmigen Räume der Arme mit fettem Sand voll und legt Gehänge von Gusseisen, die man sich aus freier Hand im Herd gegossen hat, hinein, streicht dann glatt ab nach einer leicht gekrümmten Fläche, welche von der Kranzrundfläche, dem Armrippenprofil folgend, nach der Nabenstossfläche sich hinzieht.

Ueber das so vergrabene Modell sammt Intervallkernen formt man in gewöhnlicher Weise den Oberkasten mit Fächern oder Gehängen, placirt Eingüsse und Lufttrichter und macht diesen Theil der Form fertig.

Nach dem Abheben des Oberkastens schneidet man zunächst auf der Kernoberfläche der Segmente Höhlungen aus, bis man den Querstab der Gehänge blossgelegt hat, hebt dann, diesen umfassend, die Kerne aus, nachdem man eventuell, bei recht hohen Armrippen, die lösbar aufgestellten Verticalrippen herausgezogen hat.

Die Kerne werden getrocknet und geschwärzt, wie dies bei der Masse- und Lehmförmerei angedeutet werden soll. Währenddem hebt man das übrige Modell aus, putzt die Form, stäubt und glättet sie. Die fertigen Kerne werden genau eingesetzt, wobei der Zirkel fleissig zu brauchen ist und nachdem die Höhlungen der Handhaben mit Sand wieder zugestrichen sind, kann der Oberkasten aufgesetzt und zum Guss geschritten werden.

Fig. 16.



Die Fig. 15 zeigt eine solche Zusammenstellung für ein Rad mit vier Armen; das eine Kernsegment ist fortgenommen, um die Sache anschaulicher zu machen und ebenso sind die Höhlungen in den Kernen auch noch unausgefüllt dargestellt.

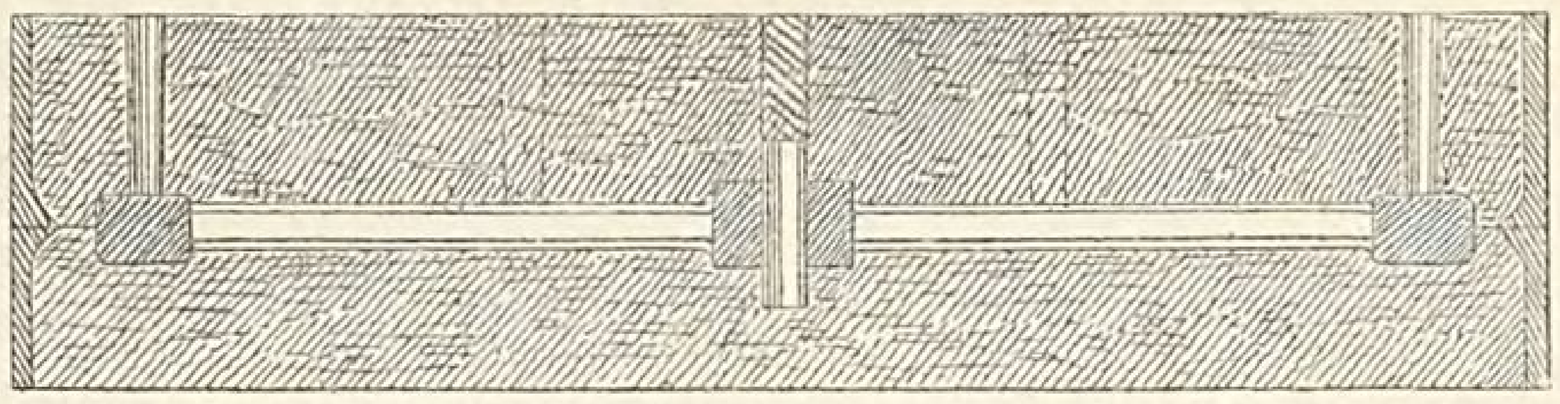
§ 25. Eine ähnliche ausgiebige Benutzung von Kernen findet statt bei dem kleinen Riemscheibchen, dessen Kernform in Fig. 16 dargestellt ist, wobei die Skizze auch des ganzen Rades in punktirten Umrissen gegeben ist. Das Modell des Rades ist vollkommen massiv und hat nur auf der Unterseite drei Kernmarken für das Einsetzen der Armunterwelle und eine Kernmarke für die Nebenhöhlung.

Die in dem nebenstehend gezeichneten Kernkasten gestampften Kerne werden nach geschehenem Trocknen und Schlichten dicht nebeneinander gestossen und möglichst genau in die Mitte der ganzen Form gebracht.

Diese Methode lässt sich nur für Riemscheiben anwenden, die so klein und breit sind, dass ein Stehenbleiben des Sandes in den Arm- und Kranzunterwellen fraglich ist. Alle anderen Riemscheiben werden so geformt, dass die Hälfte des Kranzes in den Ober- die andere Hälfte in den Unterkasten kommt.

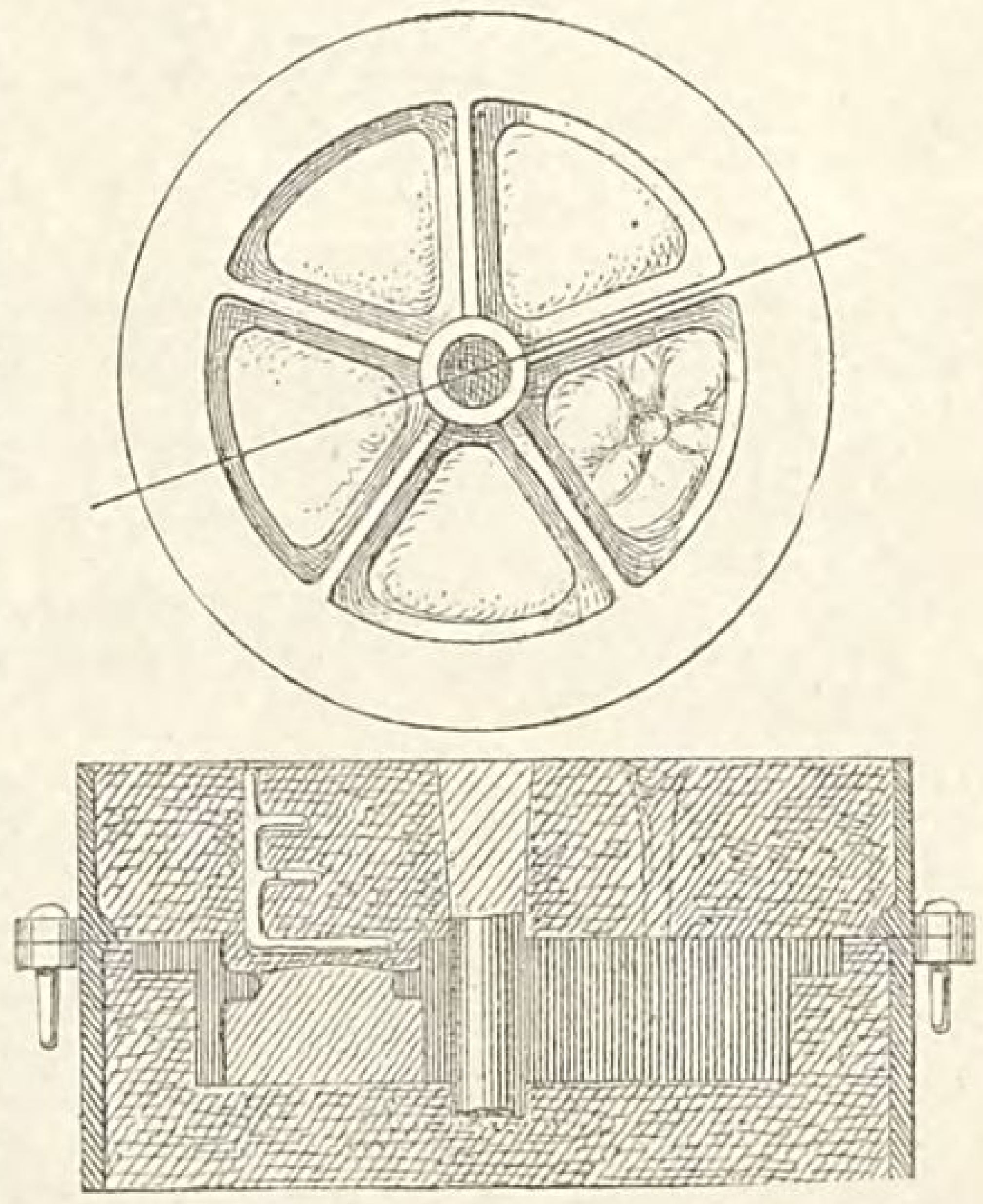
In ganz analoger Weise ist das in Fig. 17 gezeichnete Schwung- oder Kurbelrad behandelt, nur dass hierbei das Modell des Kranzes im Ganzen gebildet ist, während es bei den Riemscheiben erforderlich wird, die in den Oberkasten fallende Kranzmodellhälfte abtrennbar zu machen, um sie für sich aus dem Oberkasten hervorziehen zu können, nachdem derselbe umgewendet ist. Die hölzernen Modelle der Riemscheiben bieten desshalb in der Anfertigung auch einige Schwierigkeiten und eiserne Modelle lassen sich schwer nur theilbar einrichten. Man ist desshalb fortdauernd bemüht die Riemscheiben-Fabrikation zu verbessern, indem man die Scheiben entweder auf der Maschine formt oder aus Guss- und Schmiedeeisen der Art combinirt, dass die Umständlichkeit der Giessereiarbeit ganz fortfällt. Bei der nothwendigen grossen Zahl der verschiedenen Räder- und Scheibenmodelle spielen hier auch noch andere Verhältnisse mit und es ist die Räder- und Scheibenherstellung bereits vielfach eine Specialität einzelner kleinerer Werkstätten geworden.

Fig. 17.



Noch ist im Fach des gewöhnlichen zweitheiligen Rädergusses, das Lauf- oder Spurkranzrad zu erwähnen, welches, sobald nicht gehärtete Laufflächen verlangt werden, in Sand und im zweitheiligen Kasten hergestellt werden kann. Seit sehr viele Fabriken sowohl Hartgussräder als auch Räder aus Stahl- resp. Temperguss für denselben Preis zu liefern bemüht sind, welcher früher für gewöhnliche Gussräder gezahlt wurde, ist die Herstellung der Letzteren sehr zurückgegangen. Die Lage des Modells und die Disposition der Eingüsse erhellt aus Fig. 18, deren Verticalschnitt nach der im Grundriss schräg durch die Figur gezogenen Linie construirt ist. Die Form eines Hartgussrades wird weiter unten beschrieben werden.

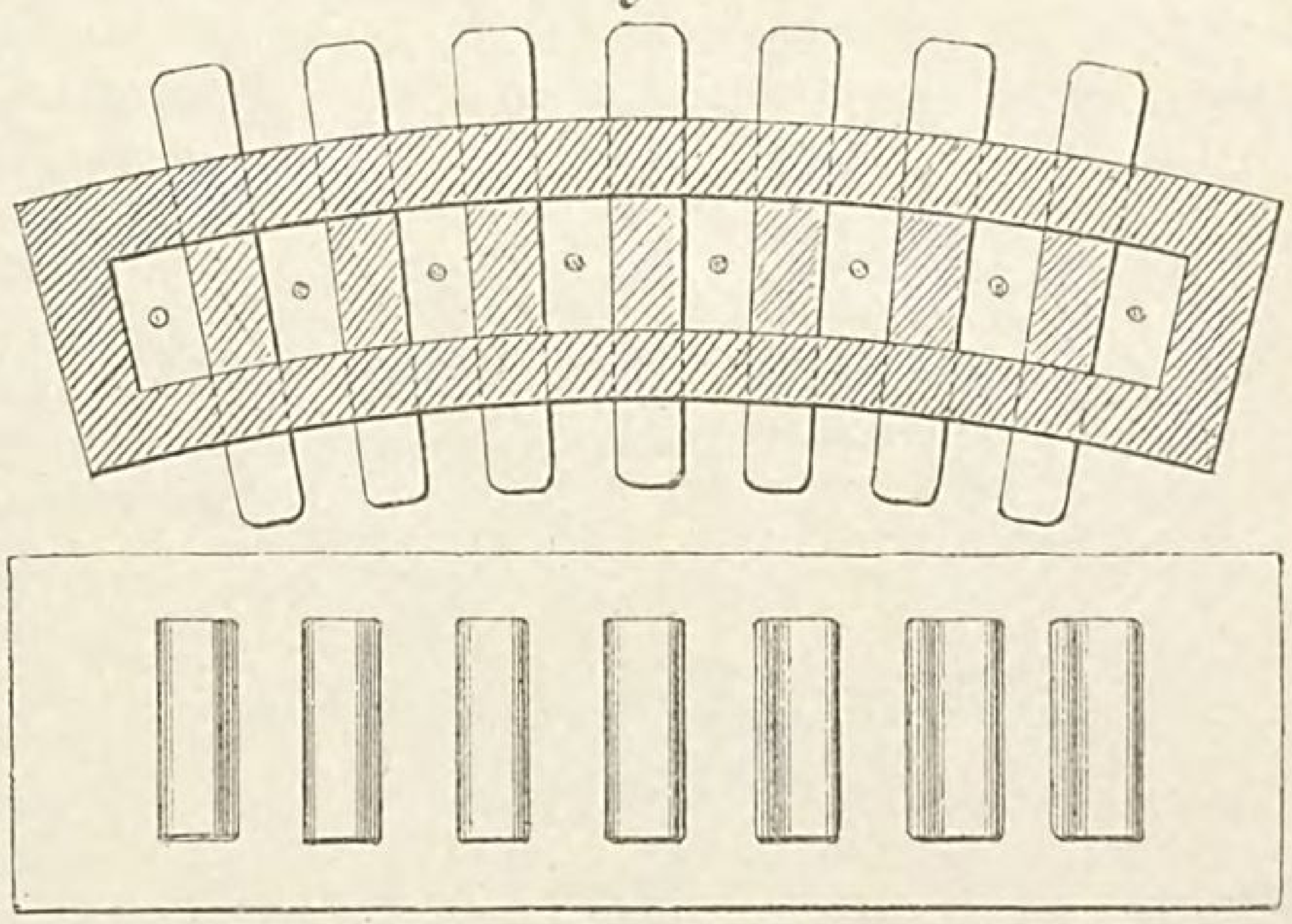
Fig. 18.



§ 26. Analog, wie bei der gedeckten Herdform Fig. 9, werden Radkränze, ganz und getheilt für die beim Mühlenbetrieb gebrauchten Holzkammräder, auch im Kasten und ebenfalls unter Benutzung von Einlagekernen geformt. In dem Kernkasten, Fig. 19, werden z. B. unter Einlagen von gegossenen Gerippen Kernsegmente mit vertical durchgehenden Löchern gestampft, welche zur Herstellung von Kammrädern dienen.

Der Kernkasten hat ausziehbare Keilstücke, welche die horizontal durchgehenden Oeffnungen des Kerns bilden sollen und welche vor dem Ausnehmen des Kerns herausgezogen werden müssen.

Fig. 19.



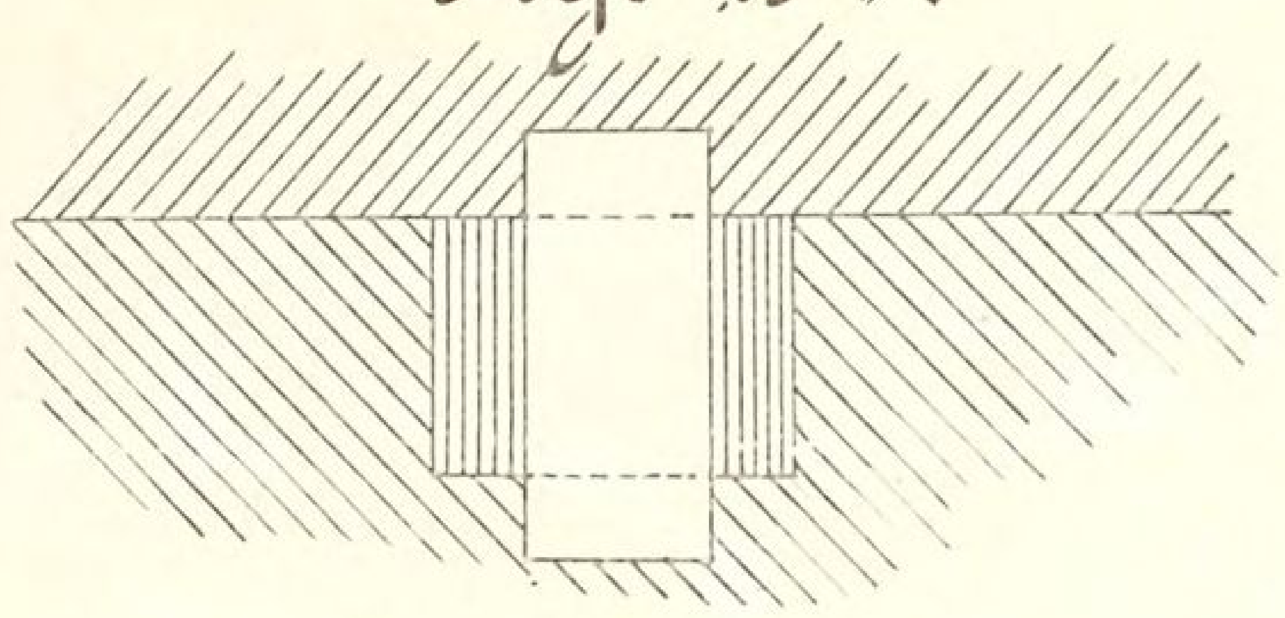
Die so erhaltenen Kerne werden sorgfältig getrocknet, dann durch Abreiben aneinander gepasst und nach erfolgter Fertigstellung, so in die Form eingebaut, wie Fig. 19a dies zeigt. Man sieht, dass das Modell um die doppelte Metallstärke breiter ist als der Kern und dass letzterer sowohl im Unterkasten als im Oberkasten in eine Markenhöhlung passen muss, um einen rechten Abschluss zu geben.

Da das Aufsetzen des Oberkastens in solchem Fall etwas schwierig ist, so kann man dem Kern auf der nach oben kommenden Seite noch eine, mit dem Modell gleich breite, die Form vollkommen schliessende Sandmasse hinzufügen, wofür dann allerdings der Kernkasten noch mit einem Aufsatzstück zu versehen sein würde.

Für Stirnräderkranzkerne dient der Kernkasten Fig. 20, bei dessen Darstellung auch die Gerippeisen deutlich zu erkennen sind, welche leiterartig hergestellt und eingelegt werden. Hier laufen die Oeffnungen in dem Kern nicht vertical, sondern parallel der Radaxe, werden aber auch stets leicht konisch gehalten, um sie bequem herausnehmen zu können.

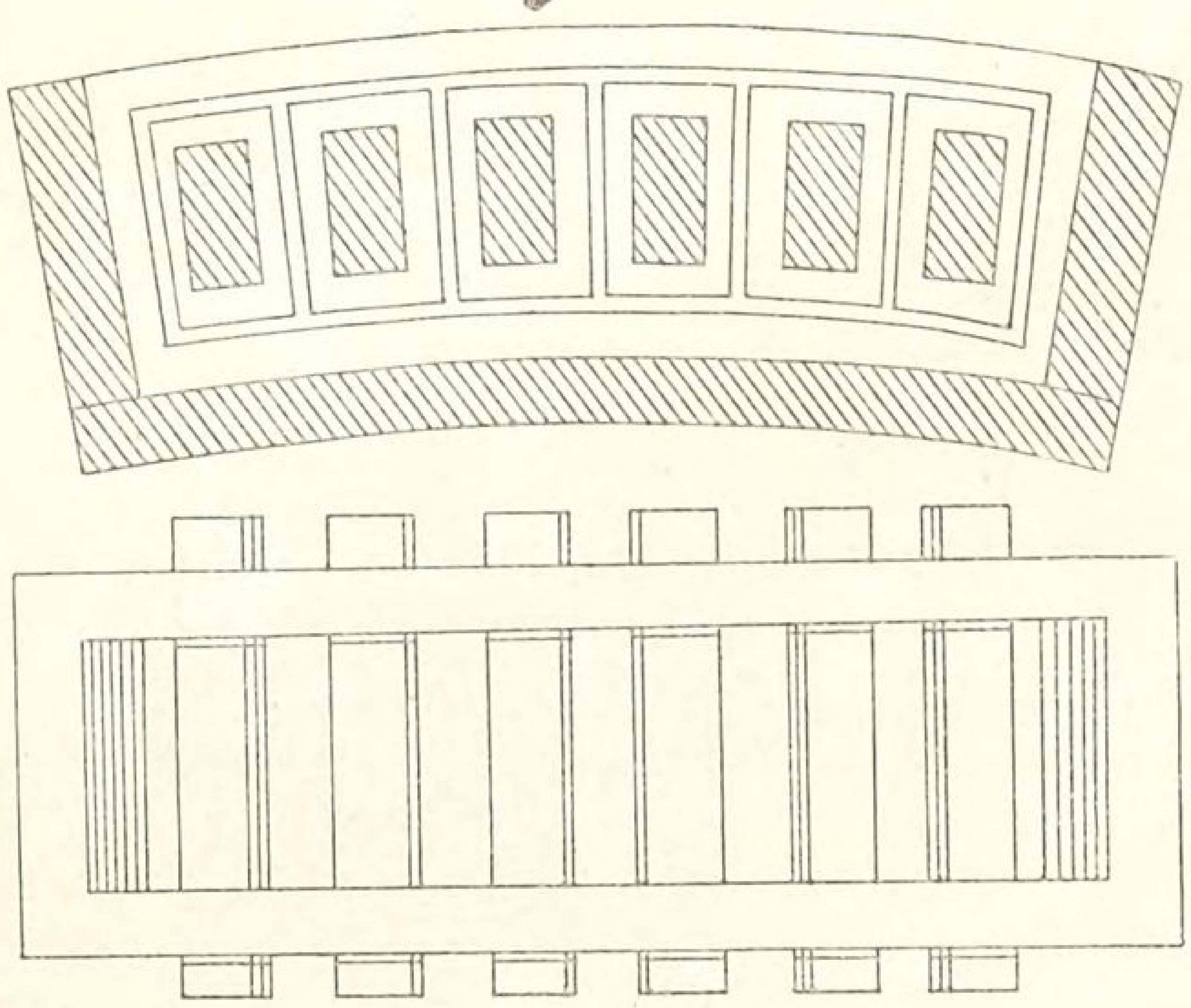
Beim Einbau dieser Art Kerne, Fig. 20a, muss nach dem Einlegen der fertigen Kerne, eine Formleiste vom Profil α genau über die Oeffnungen gelegt und der Kern mit zwei Sandleisten vom Querschnitt β überstampft werden. Das Räderkranzmodell ist vom Hause aus bis obenhin so breit gemacht, dass die Kerne bequem eingesetzt werden können. Diese Art Förmerei erspart nicht unwesentliche Modellkosten und Arbeitszeit.

Fig. 19a.



§ 27. Wenn solche Gegenstände, die wegen ihrer geringen Höhe die Behandlung im dreitheiligen Formkasten nicht zulassen, und sich dennoch nicht glatt und einfach ausheben lassen, geformt werden sollen, hilft man sich zuweilen mit Einlegen von Sand- oder Kernstücken. Von der Wiedergabe künstlerisch gestalteter Objekte soll hier noch gar nicht die Rede sein, dieselben erfordern unter Umständen Dutzende von derartigen Kernstücken in einem zweitheiligen Kasten.

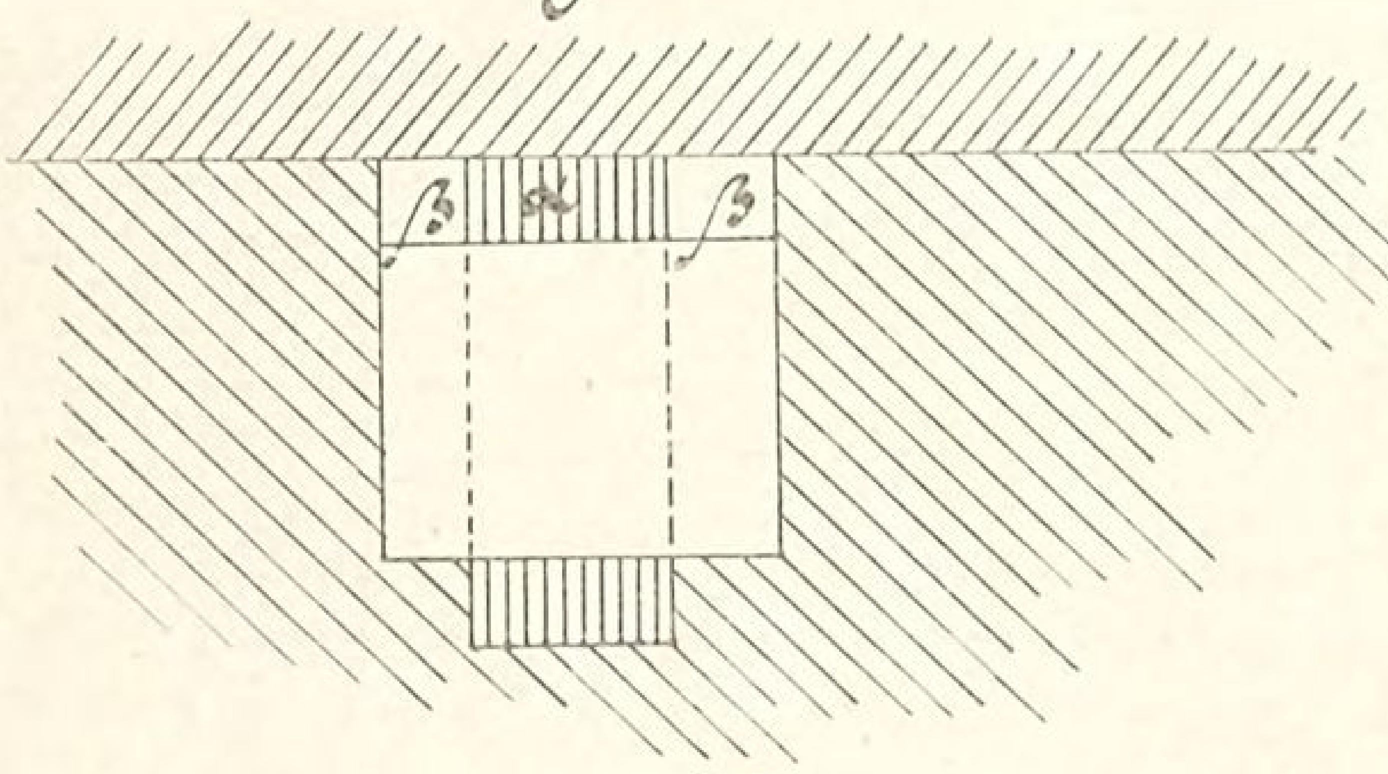
Fig. 20.



Auch einfache Dinge, wie die Fig. 21 eingeformt dargestellte Rolle, deren Kehle das Herausziehen des Modells hindert, können nur mit der Hülfe von Kernstücken oder Lagern bequem hergestellt werden.

Das Modell dieser Rolle, oben und unten mit einer Kernmarke für den Innenkern versehen, ist nach einer Mittelebene getheilt, welche durch die tiefsten Punkte der Hohlkehle läuft und normal zur Drehungsaxe der Rolle steht. Man legt die eine Hälfte des Modells mit der Theilungsfläche auf ein Modellbrett, stülpt den Unterkasten darüber und stampft das Ganze voll, streicht ab und wendet mit Hülfe eines zweiten Modellbrettes. Man legt mit dem Spatel und dem Streichblech die verstampfte Kehle der Modellhälfte bloss und stellt die Theilungsebene $\alpha\,\beta$ her, welche dann mit Streusand bestäubt wird. Nachdem die andere Hälfte des Modells aufgestiftet worden ist, wird eine ringförmige Einlage von Sand, ein Kernstück $\alpha\,\beta\,\gamma$ in die Kehle gebracht und nach der Linie $\gamma\,\beta$ abgestrichen, so dass von der vorherigen Trennungsebene der Kasten etwas sichtbar bleibt. Nachdem wiederum Streusand auf die neue Fläche gegeben, wird der Oberkasten aufgesetzt, der Einguss auf der Schräge der Kerneinlage befestigt und der Kasten gefüllt.

Fig. 20a.



Wenn in gewöhnlicher Weise abgestrichen und der Eingusstrichter gerundet ist, wird der Oberkasten abgehoben und bei Seite gestellt; dann hebt man vorsichtig die eine (in der Zeichnung obere) Modellhälfte heraus, setzt den Oberkasten wieder auf und wendet nunmehr die ganze Form um. Nach Abheben des Unterkastens kann auch die andere Modellhälfte ausgehoben und die Form fertig gemacht werden. Man setzt nunmehr den Unterkasten wieder auf und dreht dann das Ganze um. Eine ganze Wendung liesse sich sparen, wenn man mit dem Oberkasten zuerst anfangen könnte, aber es ist dann nach dem Auflegen der Modellhälfte auf das Modellbrett ein provisorisches halbes Kernstück zu machen, um den Eingusstrichter richtig setzen zu können; der Rest der Arbeit ist dann der gleiche.

§ 28. Ein anderes Beispiel für eine Anwendung von Kernstücken ist der Kettenguss, wie ihn die Fig. 22 verdeutlicht. Man giesst hierbei nach zweierlei Modellen; nach ganzen, nicht getheilten

Modellen werden die Einzelglieder hergestellt, meist mit Spitzen, während die Verbindungsstücke der Einzelglieder mit getheilten Modellen und unter Einlage der fertigen Einzelglieder geformt werden müssen.

Man bedient sich zu der ganzen Arbeit eines langen Formkastens, dessen beide Theile gut zusammenpassen müssen und desshalb oftmals auf der einen Langseite Charniere haben, welche hier anwendbar sind, weil ein genau verticales Abheben der einen Kastenhälfte von der anderen nicht nöthig ist. Der Formkasten enthält auf der einen Seite einen grössern durch Querwände von dem Arbeitstheil geschiedenen Raum, in welchem das bereits fertige Kettenstück zusammengelegt untergebracht ist. Man beginnt die Operation, indem man in ein entsprechend ausgehöhltes Modellbrett die fertig gegossenen Einzelglieder einlegt und darauf nun die halben Modelle der Verbindungsglieder aufstellt, so dass jedes derselben mit den beiden Schenkelstücken zwei Einzelglieder einschliesst. Die Anzahl der so einzuformenden Verbindungsstückhälften richtet sich nach der Grösse der Kettentheile; man kann annehmen, dass nicht mehr als ein Meter Kettenstück auf einmal hergestellt wird, weil sonst die Manipulation zu unbequem ist. Man bildet nunmehr von frischgesiebtem Sand eine wallartig, die aufrechten Kettenglieder-Modellhälften beiderseits einhüllende Lage, streicht so ab, dass die Rückenflächen der Kettenglieder heraustreten oder heraussehen und stülpt die Oberkastenhälfte darüber. Man setzt den einen Eingusstrichter, der oben nicht heraussehen darf, auf jene Sandlage, sodass entweder jedes neuzugiessende Kettenglied oder auch je ein Paar Glieder einen Einguss erhalten. Dann stampft man den Kasten voll, streicht ab und dreht nun

Fig. 21.

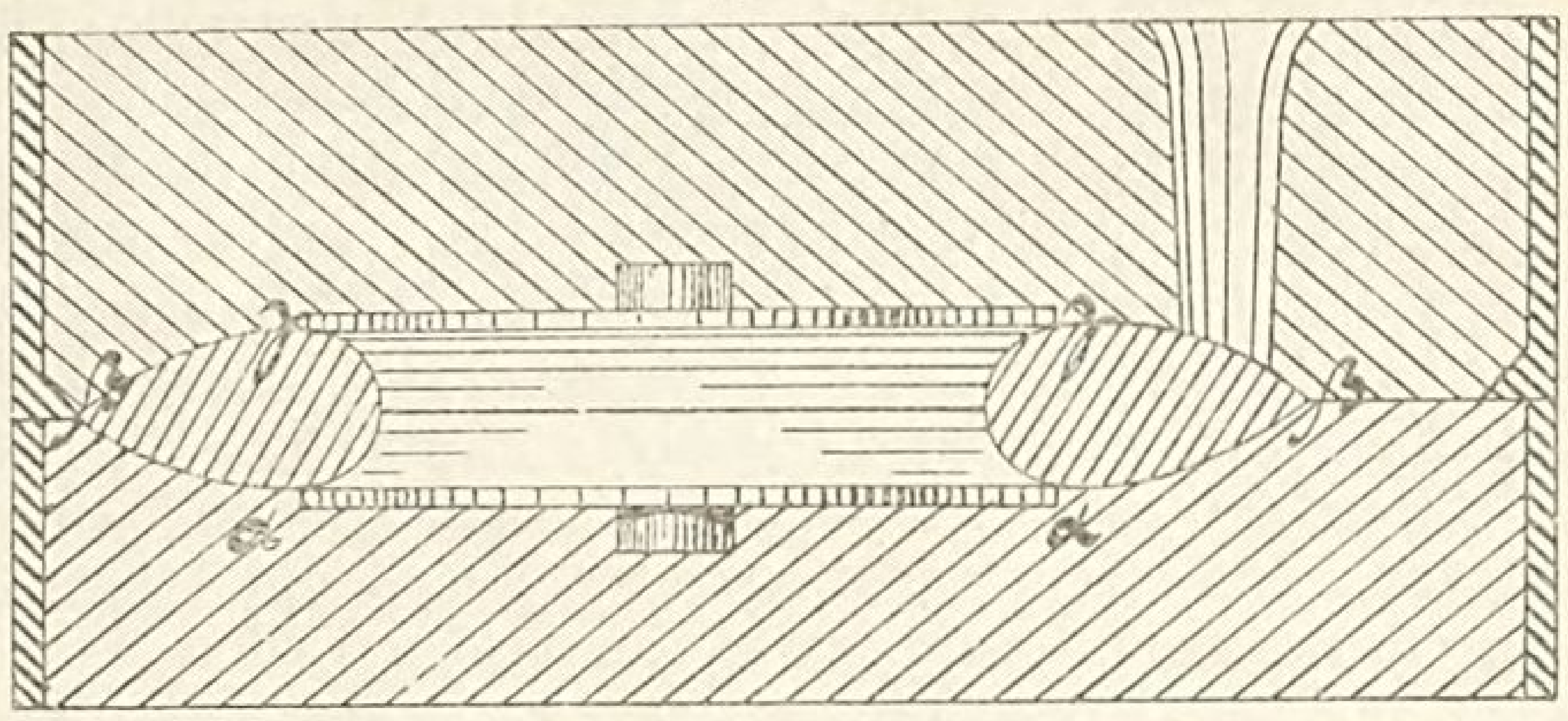
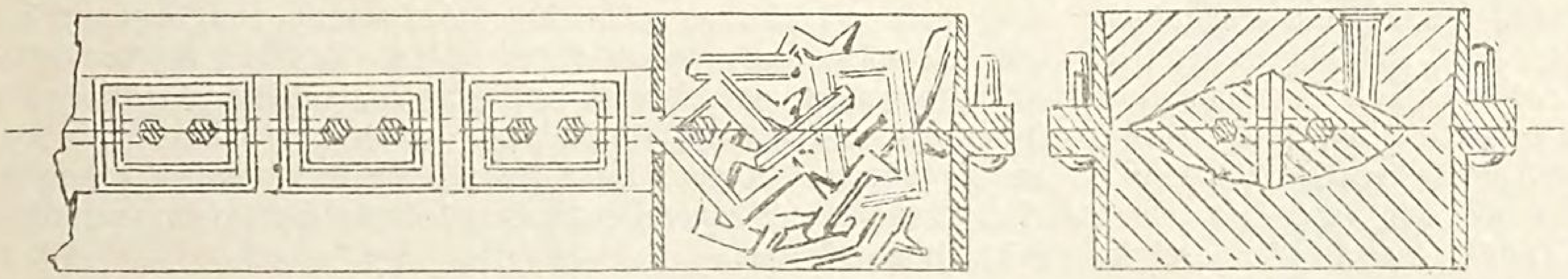


Fig 22.

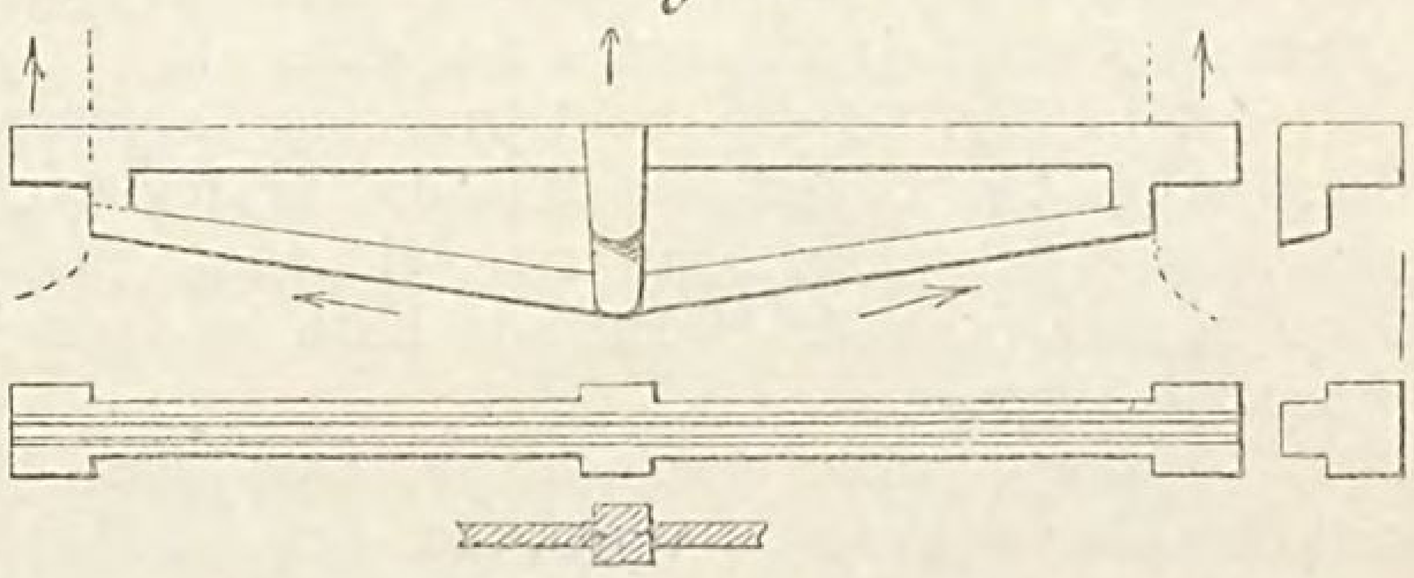


mit Hülfe eines glatten Formbrettes und des Modellbrettes das Ganze um. Das lose Kettenstück liegt in dem Seitentheil zusammengeballt und muss mit gewendet werden.

Wenn die Operation des Wendens vorüber ist, wird das Modellbrett entfernt, die Sandfläche etwas geputzt, doch so, dass der Streusand, der an den Rändern etwa erscheint, nicht mit fortgenommen wird, und die übrigen Hälften der Verbindungsstückmodelle aufgesetzt.

Die Sandlage wird vervollständigt bis zur Höhe der diesmaligen Modellaussenflächen und die abgeglichene gewölbte Oberfläche des Kernstücks mit Streusand überstäubt. Dann wird der Oberkasten aufgesetzt, gefüllt, abgestrichen und wieder abgehoben, die zuletzt geformten Modellhälften herausgezogen, diese Seite der Formen bestäubt und fertig gemacht und die vorher abgenommene Kastenhälfte wieder aufgesetzt. Nun wendet man mit zwei Modellbrettern das Ganze um, so dass der zuletzt eingeformte Oberkasten wieder nach oben kommt und macht zunächst die Eingusstrichter fertig, entfernt die Eingüsse etc.; dann hebt man den Oberkasten ab, nimmt die zurückgebliebenen Modellhälften dieser Seite vorsichtig heraus und putzt ebenso wie vorher den unteren, jetzt den oberen Theil jeder Kettengliedform. Wenn der Oberkasten wieder aufgesetzt worden, ist die Form zum Abguss fertig und kann geschlossen und beschwert werden. Wird mit mehreren Eingüssen gegossen, so muss, wie immer bei zusammenhängenden Formen, der Abguss der einzelnen Trichter rasch hintereinander erfolgen um das Durchschlagen der Gase aus einer Form in die andere zu verhindern.

Fig. 23.



§ 29. Ein anderes Beispiel für den Uebergang der Arbeit zum dreitheiligen Kasten bildet der Fig. 23 abgebildete Roststab mit durchbrochenem Fischbauch und mit Aschnuth auf der Feuerfläche. Wegen der letzeren kann man den Roststab nicht platt formen und wegen der Durchbrechungen lässt sich dass Modell ebensowenig senkrecht im Ganzen ausheben.

Man hilft sich desswegen durch entsprechende Theilung des Modells und durch Hülfsstücke, wie beschrieben werden soll.

Die Leisten, welche an dem Modell die Unterkante des Fischbauchs bilden, sind mit eingelassenen Blechschneiden, sowohl in die Mittelverstärkung, als auch in die Köpfe des Roststabes eingelassen, so dass sie beim Ausheben des übrigen Modells ohne jede Anstrengung in der Form zurückbleiben.

Man formt den ganzen Roststab im Unterkasten so ein, dass die Aschnuth mit der Theilungsebene der beiden Kasten zusammenfällt, der ganze Roststab mithin in die Masse des Unterkastens zu liegen kommt. Man formt in gewöhnlicher Weise ein und hebt dann den Oberkasten ab, nachdem der Einguss fertig gemacht wurde und die Kastenfläche abgestrichen ist. Man gräbt nun an beiden Enden des Rostes den Sand soweit fort, wie es die punktirten Linien andeuten und hebt dann, die unteren Rippen des Modells im Sand stecken lassend, die obere Modellhälfte vertical, d. h. in der Richtung der drei auswärts gerichteten Pfeile aus. Die beiden Rippen zieht man (sie müssen desshalb etwas conisch gearbeitet sein) in der Richtung der schrägen Pfeile, den durch Ausgraben erhaltenen Raum jederseits passirend, heraus. Nachdem dies geschehen, wird mit dem (rechts) abgebildeten besonderen kleinen Modell des Roststabkopfes, welches Modell die Aschennuth desshalb nicht trägt, weil die letztere bereits im Oberkasten abgeformt ist, an beiden Enden die Rostform wieder vervollständigt, geputzt, gestäubt und zum Guss zusammengesetzt. Es liegen Erfahrungen vor, dass diese Rostförmerei nur wenig theurer sein kann, also nur wenig mehr Zeitaufwand verlangt, als die gewöhnliche Nachbildung voller Fischbauchroste.

§ 30. Sonstige Beispiele zweitheiliger Kastenförmerei in Sand, z. B. Röhrenhohlgüsse, Säulen etc. bieten nichts wesentlich oder principiell Verschiedenes. Bei der Darstellung der Masseförmerei wird einzelner Formmethoden Erwähnung gethan werden, welche das hier Fehlende ergänzen und vervollständigen, da die mechanische Manipulation absolut die gleiche ist und nur rücksichtlich des Modell- und des Formmaterials, sowie der späteren Behandlung der Formen Unterschiede existiren. Einzelne der genannten Objekte sind Gegenstände der Massenfabrikation geworden und darin liegt vielleicht hinsichtlich der Einzelmanipulationen der Grund zu einer verschiedenen Auffassung und Organisation der Arbeit. Die Maschinenkraft tritt dann bei vorhandenen hohen Arbeitslöhnen fördernd und umgestaltend ein und es wird die subjektive Befähigung mehr zurückgedrängt, um durch Beschränkung auf eine engbegrenzte Rolle dem Arbeiter eine grössere Leistungsfähigkeit zu geben resp. ihn selber an eine maschinenmässige Regelmässigkeit zu gewöhnen. Auch die Formmaschine, welche besonders zu besprechen sein wird, hat sehr zur Steigerung der Förmereileistungen beigetragen und namentlich auf dem Gebiet der Sandförmerei im zweitheiligen Kasten.

Von der Sandförmerei im drei- und mehrtheiligen Kasten.

§ 31. Bei Hohlkörpern, sowie auch bei einzelnen massiven Gegenständen von etwas complicirter Form, muss man zur Benutzung drei- und mehrtheiliger Kasten schreiten. Man vermeidet diese mit einer umständlichen Manipulation verbundene Förmerei so viel wie möglich, so dass in Folge dessen die dafür anzuführenden Beispiele nicht allzu zahlreiche sind; — manche Classen von Gusswaaren aber lassen sich durchaus nicht anders herstellen, z. B. die meisten Poterien, fast alle Ofenkörper, Wasserpfannen, Küchen- und andere Ausgüsse etc.

In Fig. 24 ist die Form eines sogenannten graden Topfes mit Henkel dargestellt, eines vom Rand nach dem Boden sich allmälig verjüngenden Gefässes von conischer Gestalt. Wegen dieser gleichmässigen Verjüngung kann man die steile Mantelseite in einem Kasten formen, denn sie lässt sich bequem ausheben; für Boden und Kern ist dann je noch ein Kasten erforderlich, so dass eben drei Theile zusammenkommen.

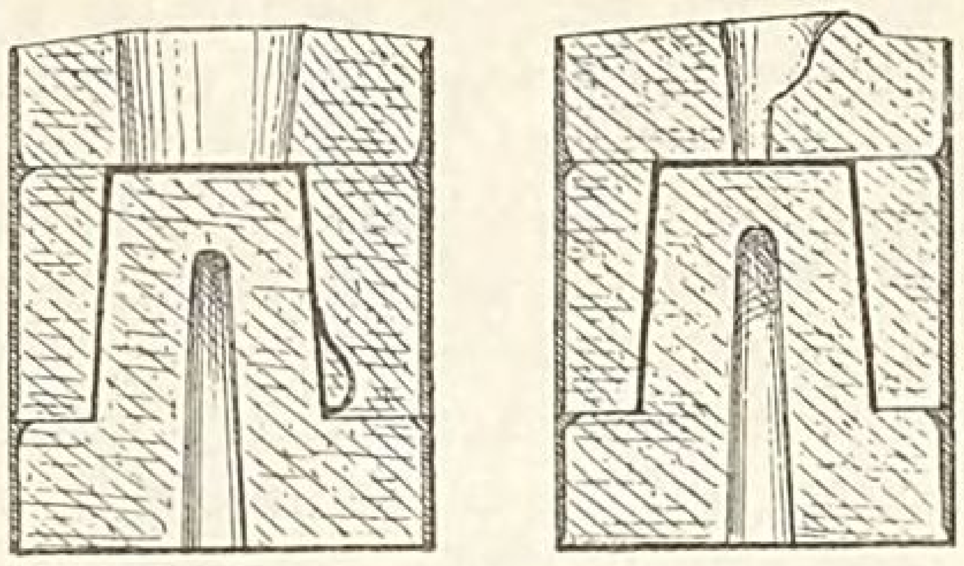
Das Formen geschieht so, dass man das mit lösbarem zweitheiligen Henkel versehene Modell mit dem Rand nach unten gekehrt, auf ein Modellbrett setzt und den mittleren Kasten aufstülpt. Dann stampft man den Kasten voll und streicht ab, so dass der Boden des Modells sichtbar ist, was von selbst geschieht, wenn Modell und Mittelkasten eine Höhe haben. Bei gut eingerichteten Poteriegiessereien passen auch Formkasten und Modelle genau zusammen und es sind von Beiden gewissermassen gleiche Sortimente vorhanden.

Wenn der Mittelkasten in der beschriebenen Weise fertig ist, wird der ganze Kasten umgedreht (mit der Hülfe von zwei Modellbrettern) und der Sand um den Topfrand herum mit Streusand bestreut, nachdem er gut abgeglichen worden ist. Dann füllt man das Innere des Modells mit Formsand,

welcher sehr gleichmässig, aber nur locker zu stampfen ist und versäumt nicht, eine Kernluft in Form einer kegelförmigen Höhlung herzustellen, wie in der Figur auch angedeutet ist. Diese Höhlung kann eventuell wieder mit lockerem Sand angefüllt werden, bevor man das Modellbrett auflegt, um die beiden Kasten wieder zu wenden. Nachdem dies geschehen, setzt man den Oberkasten auf den mit Streusand bestreuten Mittelkasten und bläst den Boden des Modells rein davon, um den Einguss in Form eines Keils diametral mittelst zweier Hände voll Sand darauf zu befestigen und dann den ganzen Kasten voll zu sieben, zu stampfen und abzustreichen.

Es wird nach der Wegnahme des Eingusskeils auf der einen Seite die Wand des Eingusses etwas ausgeschnitten, um das erste Eisenanprallen unschädlich zu machen und um die ganze Höhlung ein niederer Wall gemacht. Dann hebt man den Oberkasten ab und stellt ihn einstweilen hochkantig zur Seite, um die Formunterfläche zu putzen und zu glätten. Der Mittelkasten wird nunmehr vom Modell, das auf dem Unterkasten bleiben muss (ein leiser Druck auf den Topfboden beim Anheben des Mittelkastens genügt dazu) abgehoben und in ihm die Henkelmodelle, die nach zwei Seiten herausgezogen werden können. Dann hebt man das Topfmodell vom Kern ab, stäubt und glättet denselben und setzt die Form vorsichtig zusammen, wobei auf die vollkommenste Concentricität von Mantel und Kern zu achten ist.

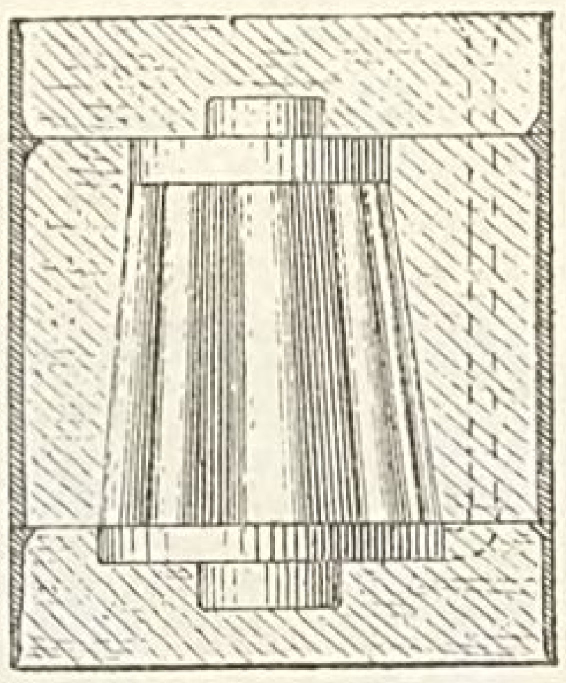
Fig. 24.

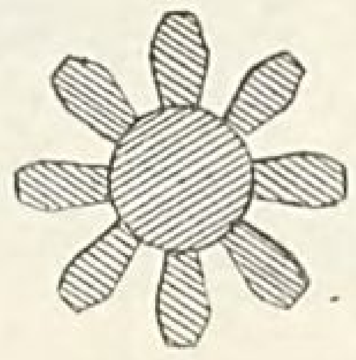


§ 32. In ähnlicher Weise lassen sich auch andere Gegenstände von grösserer Höhe im dreitheiligen Kasten formen, sobald eben nur das Ausziehen des Modells nach einer Seite hin gleichmässig von Statten geht, also die Verjüngung ebenso gleichmässig stattfindet.

Die in Fig. 25 dargestellte Form eines Mühlengetriebes für Winkelradübertragung ist ein Beispiel dafür. Das ganze Triebmodell ist in drei Stücke getheilt und ausserdem lassen sich die Zähne noch von der Mittelaxe ablösen, ohne mit derselben verstiftet zu sein. Sie stecken vielmehr mit ihren Zapfen nur in den Scheiben, die die Zahnzone begrenzen.

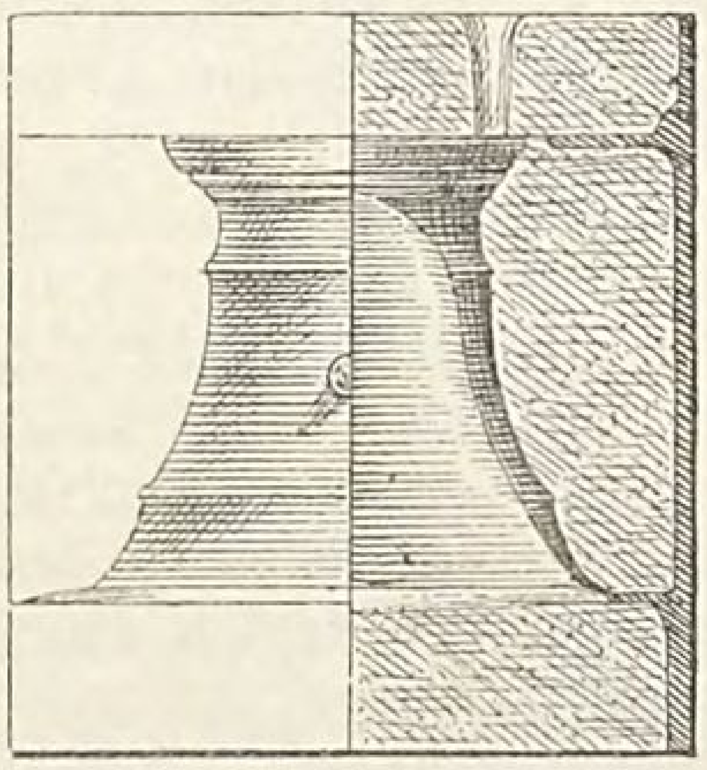
Fig. 25.





Das Einformen findet so statt, dass man zuerst die untere Scheibe sammt Kernmarke in den Unterkasten eindrückt und feststampft, dann abstreicht, mit dem Isolirsand bestreut und nun das übrige Modell aufbaut. Ein von gleicher Höhe wie die Zahnlänge ausgesuchter Mittelkasten wird nun aufgestellt, in der einen Ecke ein langer Einguss angebracht, mit Sand befestigt und hierauf der ganze Mittelkasten vollgestampft. Sowie derselbe voll und die Zähne dadurch befestigt sind, wird die Mittelpartie der Axe herausgenommen und der Raum ebenfalls mit Sand gefüllt, da das fertige Gussstück ein aus langen zwischen zwei Scheiben korbartig disponirten Stangenzähnen bestehendes Maschinenstück und der Mitteltheil des Modells nur als Stützpunkt der Zahnstellung angeordnet ist.

Fig. 26.



Der Rest der Manipulation ist so einfach wie bei allen Oberkastenarbeiten. Sobald die Formkasten alle gefüllt sind, wendet man das Ganze herum und beginnt mit dem Modellausziehen, indem man zunächst gleichzeitig die breitere Scheibe sammt Kernmarke abhebt, und die Zähne einzeln vorsichtig lockert und herauszieht. Man setzt dann den Unterkasten wieder auf (oder auch nur ein Modellbrett) und dreht wieder um, so dass der Oberkasten wieder oben sich befindet, hebt ihn ab und nimmt die andere Scheibe sammt Kernmarke heraus, vollendet die Form und setzt sie nach Einpassen der Kerne in die Marken zusammen.

Alle Getriebe mit breiter Zahnfläche müssen in ähnlicher Weise, bisweilen sogar im viertheiligen Kasten geformt werden; sind sie massiv und ziemlich schwer, so genügt grüner, d. h. frischer Sand als Formmaterial allerdings nicht mehr und es muss Masse, d. h. fetter Sand genommen und die Form später getrocknet werden.

§ 33. Lassen sich die Gegenstände auch aus dem dreitheiligen Kasten nicht mehr ohne Schaden ausheben, oder ist eine dann eventuell erforderliche weitere Zerstücklung des Modells nicht angängig, so muss der anzuwendende Formkasten aus einer noch grösseren Anzahl Theile bestehen und zu viertheiligen, selbst zu mehrtheiligen Kasten gegriffen werden. Man kann indess auch in dieser Richtung

nicht sehr weit gehen, weil das Inventar dann zu kostspielig wird, namentlich hinsichtlich der Herstellungs- und Unterhaltungskosten, weniger hinsichtlich des blossen Materials.

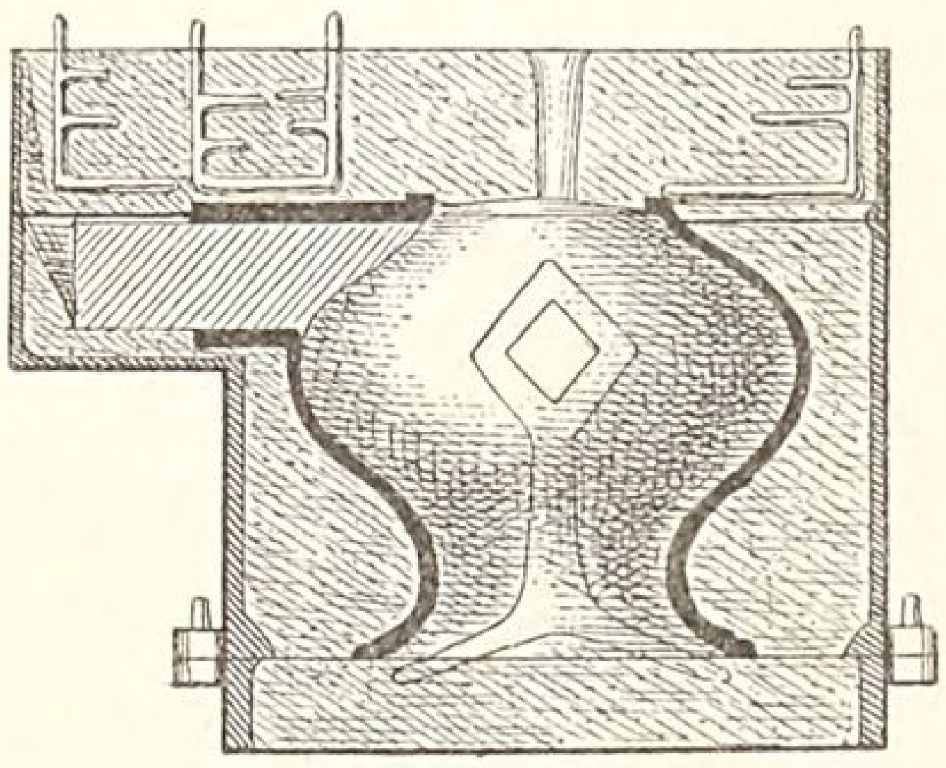
Ein gutes Beispiel für das Formen im viertheiligen Kasten geben die gewöhnlichen eisernen Mörser zum Zerstossen, welche ein currenter Artikel der Eisengiessereien sind und in verschiedenen Grössen geliefert werden.

Um solche Gegenstände zu formen, bedarf man entweder (nach einer durch die Axe des Mörsers gelegten Ebene) zerschnittener Modelle, oder man benutzt massive Modelle, welche in ein die ganze Hälfte des Modells aufnehmendes entsprechend ausgeschnittenes Modellbrett passen.

Ueber das so eingelegte massive Modell legt man die eine Hälfte des Mittelkastens, dessen Höhe mit der des Modells so genau als möglich übereinstimmen muss, spannt Modellbrett und Kasten mit einer Schraubzwinge zusammen und stellt das Modell auf ein grösseres Modellbrett, so dass der Rand des Modells auf das Letztere zu stehen kommt. Dann stampft man den Kasten voll, legt ihn um, so dass das ausgeschnittene Modellbrett nach oben kommt, löst das Letztere ab und setzt die zweite Hälfte des Mittelkastens auf, nachdem man die Sandfläche in der Theilungsebene geglättet und mit Streusand bedeckt hat. Vorsichtig das Ganze wieder umkantend und auf das zweite Modellbrett heraufschiebend, stampft man nunmehr den Mittelkasten voll, streicht ab, wendet das Ganze um und setzt den Unterkasten auf, macht den Kern, d. h. das Abbild des Innenraums wie bei dem § 31 geschilderten Einformen des geraden Topfes und wendet nach Abstreichen etc. das Ganze wieder um.

Nach Säubern und Glätten der Sandfläche, sowie nach Bestäuben mit Streusand, setzt man den Einguss und füllt den Oberkasten, hebt ihn nach dem Fertigmachen des Eingusstrichters wieder ab und beginnt nun den Mittelkasten zu lösen. Jede Hälfte wird vorsichtig abgezogen und bei Seite gelegt, um geputzt und geglättet zu werden (oft dadurch, dass man nach Bestäuben das unterdessen abgehobene Modell in die Formhälfte des Mittelkastens wieder einlegt und leise hin- und herdreht), das Modell vom Kern vertical abgehoben, nach Bestäuben des Kerns nochmals aufgesetzt und gedreht. Die Manipulationen erfordern der relativen Schwere des Modells wegen, eine sehr ruhige Hand. Nach sorgfältigem Centriren des Mittelkastens beim Aufsetzen auf den Unterkasten, wird der Oberkasten aufgesetzt und die Form fest geschlossen.

Fig. 27.



§ 34. Sobald es nicht mehr angeht, das Modell vom Kern einfach abzuziehen, der Kern selbst eine derartige Schwellung enthält, dass sein Durchmesser in der Mitte stärker als unten und oben ist, muss das Modell getheilt werden. Das geschieht bei allen bauchigen Töpfen, bei Krügen, selbst bei Ofentheilen gewisser Construktion. Da viele dieser Gusswaaren Massenartikel sind, so wird oft gleichzeitig mit mehreren Modellen gearbeitet und in Folge dessen der Gleichmässigkeit der Produkte halber auch die Modellanfertigung mit grosser Sorgfalt betrieben.

Die sehr dünnwandigen Modelle sind meist aus Blech geschlagen, seltener aus Metall- oder Eisenguss hergestellt und abgedreht. Das letztere Verfahren empfiehlt sich als billiger, wenn nicht sehr viele, d. h. eine grosse Anzahl von Modellen gleichzeitig, oder nach einander gebraucht werden. Man dreht und modellirt dann die erste Form in Lehm und kann dabei alle beliebigen Veränderungen etc. anbringen, um die Concurrenten im gleichen Artikel aus dem Feld zu schlagen.

Das Modell wird, im ersten Stadium der Bearbeitung bereits, getheilt und genau aneinander gepasst, die eine Hälfte mit Stiften, die andere mit Löchern versehen. Ist dann das ganze Modell nochmals gut abgedreht und abgeschliffen, so kann es zum Formen benutzt werden.

Die Manipulation, z. B. bei dem in Fig. 27 dargestellten Steinkohlenofen zur Heizung kleiner Räume, ist folgende: Man stellt die eine Hälfte des normal zur Ebene der Zeichnung getheilten Modells gegen ein verticales Modellbrett, welches mit dem Kasten durch eine Schraubzwinge fest zusammengespannt ist und stampft den Zwischenraum voll, streicht ab, löst das verticale Modellbrett vorsichtig ab indem man den Kasten umlegt, stiftet die andere Modellhälfte auf und schliesst die andere Kastenhälfte an, richtet wieder auf und stampft die andere Kastenhälfte voll, nachdem man nicht vergessen, die Trennungsfläche mit Streusand zu isoliren.

Sobald die zweite Mittelkastenhälfte gefüllt ist, dreht man die beiden Kasten mittelst Modellbrettern um und setzt den Unterkasten auf, hängt das punktirt gezeichnete Kerneisen ein und stampft den Kern lose voll, sowie den Unterkasten, der etwas mehr Festigkeit haben darf, sticht Löcher hinein und wendet nunmehr das Ganze herum in die gezeichnete Giesslage.

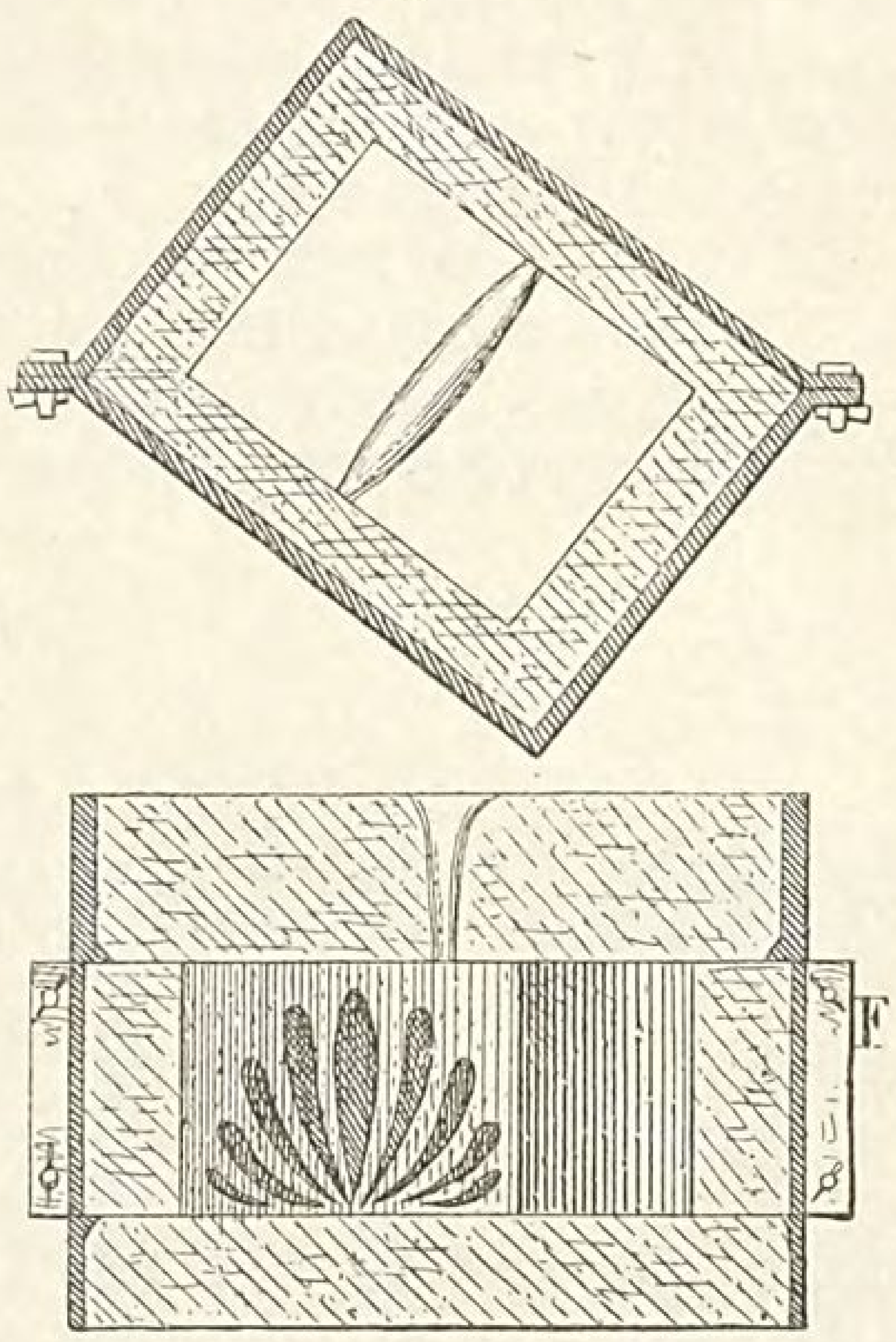
Der Oberkasten (mit Gehängen versehen) wird nunmehr aufgesetzt, der Einguss mitten auf die gerundete und mit Streusand genügend isolirte Kernoberseite gepflanzt und das Ganze aufgefüllt und abgestrichen.

Man hebt nach Fertigstellung des Eingusses den Oberkasten ab, löst die Verbindung der beiden Mittelkastenhälften und zieht dieselben jederseits mit der entsprechenden Modellhälfte vom Kern ab. Die Modellhälften werden dann für sich ausgehoben und die Formenhälften gut geputzt und geglättet. Für das Ofenrohrstück wird ein besonderer Sandkern gefertigt und, wie die Skizze zeigt, zwischen Kasten und Kern eingelegt, nachdem er genau an den Kern angepasst worden ist.

§ 35. Analoge Fälle, wie der eben beschriebene, sind in grosser Menge in der Praxis zu finden, dagegen dürfte der nachstehende Fall zu den selteneren gehören.

Auf allen Seiten ornamentirte Ofenpostamente, oben und unten offen, können, sobald sie aus einem Stück hergestellt werden sollen, auch nicht anders als im viertheiligen Kasten geformt werden. Das Modell selber wird aber zerlegt hergestellt und zwar in vier Platten, die zum Einstellen in die Form allerdings genau rechtwinklig zusammenzusetzen sind.

Fig. 28.

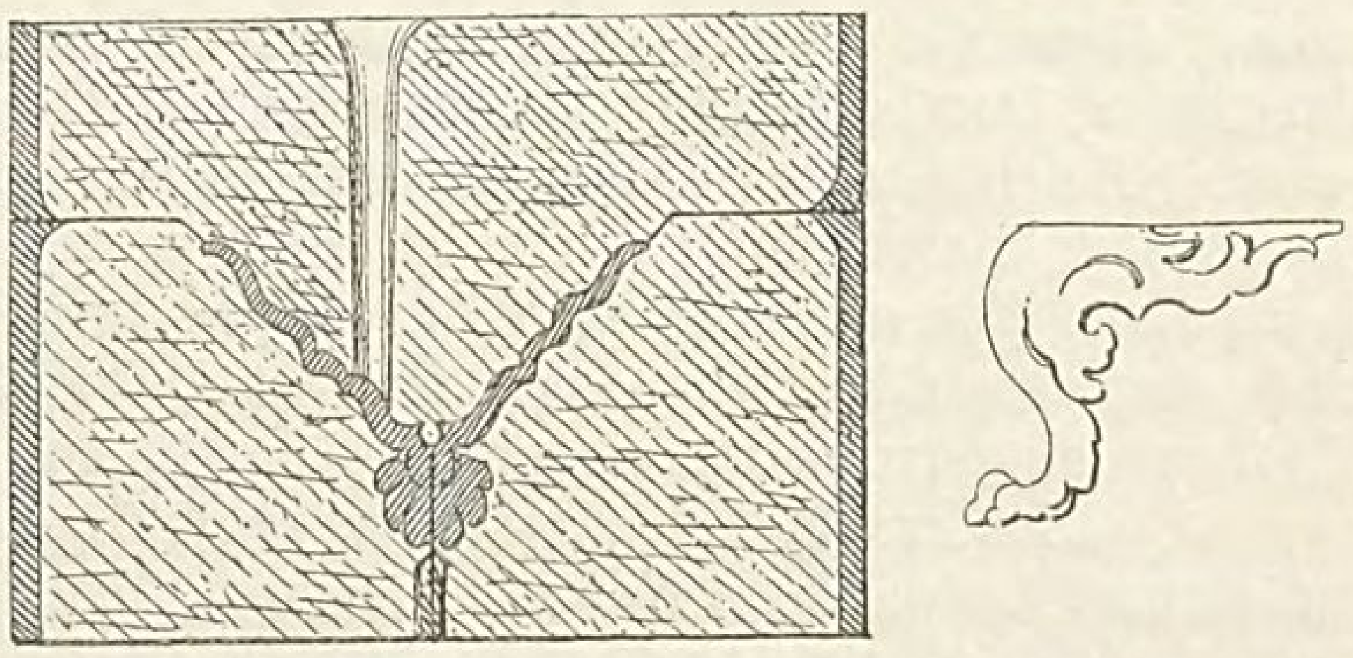


Der Mittelkasten ist diagonal getheilt und das Einformen beginnt damit, dass eine der beiden Formkastenhälften, mit einem die ganze Diagonalfläche bedeckenden Modellbrett zusammengespannt und so auf ein zweites Modellbrett gestellt wird, dann wird die Hälfte des Modells ebenfalls und genau an das erste Modellbrett anliegend eingestellt und mit Sand umstampft.

Nachdem oben abgestrichen, schraubt man das diagonal gegengeschraubte Modellbrett wieder ab, bestreut die seitlichen in der Diagonalen liegenden Trennungsflächen mit Sand und schliesst dann sowohl die andere Modell- als auch die andere Formkastenhälfte an, formt weiter und füllt den Mittelkasten aussen um das Modell herum an. Dabei muss das Modell, die Giesslage als die aufrechte betrachtet, auf dem Kopf stehen. Man bringt nun den Unterkasten darauf und füllt, nachdem man die Modellschlüsse gelöst hat, den Innenraum oder Kern zunächst mit Sand an, hält denselben eher locker als fest und stampft dann nach Bestreuen der äusseren Sandfläche den Unterkasten vollständig aus, streicht ab und wendet das Ganze mittelst zweier Modellbretter um.

Die zum Mittelkasten gehörigen Flächen, wie auch die Oberfläche des mit der Unterkastenmasse Körper bildenden Kerns werden genau abgestrichen geglättet und mit trockenem Sand bestreut, der Einguss mitten auf die Kernoberfläche und der Oberkasten aufgesetzt. Nach Vollstampfen und Abstreichen desselben und nachdem der Einguss gemacht und das Modell desselben herausgenommen ist, hebt man den Oberkasten ab und stellt ihn zur Seite. Nun lösst man die Verbindungen der beiden Mittelkastenhälften und zieht sie mit den Modellen vom Kern ab, indem man die Kastenhälften gleich etwas hinten überklappt. Man kann auch die Modellstücke vorher mit einem Draht an dem Formkasten befestigen, oder mit Schrauben etc., Vorrichtungen, welche bei der öfteren Reproduktion derartiger Dinge sich sehr wohl am Formkasten bequem einrichten lassen.

Fig. 29.



Die Modellstücke werden herausgenommen, nach dem Stäuben mit Kohle wieder eingelegt und festgedrückt, um die Form genau zu repariren; dann wird endlich die ganze Form zusammengestellt, wobei ebenso, wie bei der Poterie auf vollkommene Gleichheit in der Dicke der den Kasten bildenden Platten zu sehen ist, weil sonst Verkrümmungen aller Art eintreten.

Der Rest der Manipulation ist einfach; der Einguss läuft, wie auf dem Grundriss zu sehen ist, auf der Kernoberfläche nach den beiden Langseiten hin, um das Eisen möglichst schnell zu vertheilen.

§ 36. Auch ganz unregelmässige Kastentheilungen können vorkommen und ein Beispiel davon soll diese Schilderung der mehrtheiligen Kastenförmerei überhaupt beschliessen.

Es handelt sich um einen Ofenfuss, der, bestimmt, unter einer rechtwinklichen Ecke zu stehen, mit zwei flügelartigen Ornamenten unter die Seiten dieser Ecke greift, also in sich einen offenen Winkel bildet, dessen Flächenschenkel innen glatt, aussen verziert sind, während der eigentliche Fuss eine Löwenklaue darstellt (Fig. 29, Skizze rechts).

Das Formen wird in einem dreitheiligen Kasten, eigentlich einem zweitheiligen Unter- und einem zwar eintheiligen, aber winkelartig in den Unterkasten hereinspringenden Oberkasten vorgenommen.

Man bedient sich eines mit einem rechtwinkligen Sattel versehenen Modellbrettes, auf welches man das Fussmodell, mit der Innenseite nach unten legt. Die beiden Hälften des Modells sind durch innen angebrachte kleine Winkel und Schrauben genau befestigt und dürfen in keiner Weise lose sein.

Die beiden Unterkastenhälften, welche nicht offen, sondern mit einer dem Profil des Löwenfusses entsprechend geschnittenen Doppelwand aneinanderstossen, werden geschlossen auf das Modellbrett und über das Modell gestellt, vollgestampft, abgestrichen und nun mit aufgelegtem gradem Modellbrett das Ganze gewendet. Man pinselt nach Wegnahme des sattelförmigen Brettes den liegengebliebenen Sand gut ab, glättet die sichtbaren Sandflächen und bestreut sie mit Streusand. Nachdem der Oberkasten aufgesetzt worden ist, wird der Einguss in der angegebenen Weise angesetzt, der ganze Kasten gefüllt, abgestrichen, der Trichter zurecht gemacht und dann der Kasten abgehoben.

Es muss noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass die kantig vorspringende Sandmasse ihren Halt durch ein, beide ausgeschnittene Seiten verbindendes Rundeisen, eine Art Queranker erhält. Man löst nun vorsichtig die beiden Modellhälften, sowie die Hälften des Unterkastens, zieht sie von einander, wobei die schmale Sandleiste zwischen den Contouren der Scheidewände und dem Modell naturgemäss auseinander reisst; ihrer Schmalheit halber erfolgt dieser Riss regelmässig und mittelst Sand und dem Streicheisen kann man, der Kastenwand folgend, genaue Passflächen herstellen.

Die Modellhälften können nun, ganz der Modellirung etc. entsprechend, abgezogen werden und nach Reparatur etc. schliesst man die Kastenhälften wieder aneinander und macht die ganze Form giessbereit.

Ueber Förmerei mit Kernstücken werden bei der Behandlung der Masseförmerei, die hier dem Zweck des vorliegenden Werkes entsprechenden Andeutungen gegeben.

B. Von der Masseförmerei.

§ 37. Das Verfahren der Masseförmerei, oder der Förmerei in fettem Sande unterscheidet sich von dem bisher beschriebenen Verfahren nur in der Behandlung des Formmaterials; im Uebrigen ist es vorwiegend eine Kastenförmerei mit hölzernen resp. metallenen Modellen.

Die Masseförmerei greift Platz bei allen schweren Stücken, deren Eisenstärken die Widerstandsfähigkeit des Sandes auf eine harte Probe stellen würden, oder deren spätere Verwendung bezw. Bearbeitung das Abschrecken, was der Guss im grünen Sand stets hervorbringt, nicht verträgt.

Zur Förmereimasse kann man jeden fetten Sand, d. h. jeden Sand, der in frischem Zustand angewandt, den Guss beunruhigt, gebrauchen; nur bei sehr massiven Stücken ist eine gewisse Rücksicht auf Feuerbeständigkeit geboten.

Das Material zum Masseguss ist ziemlich verbreitet; jeder schwere rohe, also nicht humöse Boden, sobald er nicht in den Letten selber übergeht, ist geeignet, Masseformen herzustellen. Eine gewisse Grobkörnigkeit ist wünschenswerth, um die Porosität zu steigern; durch feine Siebe für die dem Modell nächsten Lagen kann doch dafür gesorgt werden, dass die Formwand selbst hinlänglich glatt und fein ist. Ueberdiess werden alle diese Masseformen immer mit einer Schlichte überzogen und dadurch, auch wenn sie vorher rauh waren, geglättet.

Wo ein fetter Sand, in den ja mehr oder minder alle Lehmlager überzugehen pflegen, nicht existirt, da macht man sich eine derartige Masse, indem man Lehm mit grobem Mauersand, oder mit feiner Chamotte mischt und in angefeuchtetem Zustand verwendet. Man erhält dadurch eine bei hinlänglicher Durcharbeitung einem natürlichen fetten Sand vollkommen gleichwerthige Masse und oft noch etwas Gleichmässigeres als der natürliche Sand seiner ganzen Natur und Herkunft nach sein kann. In dieser letzterwähnten Art bereiten manche Giessereien, welche Lehm und Flusssand bei der Hand haben, ihr Formmaterial zum Massenguss und erzielen vorzügliche Resultate. Freilich gehört ein gutes Präparationsatelier dazu, wie man es beispielsweise in Seraing u. a. a. O., neuerdings auch, durch Jüngst eingerichtet, in Gleiwitz findet, um derartige Resultate hervorzubringen.

Die Praxis der Maschinenförmerei ist immer die gleiche, sehr complicirte Stücke werden mit grösserem Aufwand an Kernstücken und Kernen hergestellt; mehrtheilige Kasten als zweitheilige kommen indess nicht oft vor, nur bei Walzen, Walzwerksgetrieben und ähnlichen Stücken müssen mehrere Kasten aufeinander gesetzt werden.

Die Kasten sind bei der Masseförmerei sehr stark und kräftig, eben wegen der Schwere der Stücke und der Massigkeit der Formen selber. Natürlich ist hierbei nicht etwa Bezug genommen auf die Feinmasseförmerei, da dieselbe sich nur auf kleinere Objekte anwenden lassen dürfte.

§ 38. Ein Fall, der im Bereich der Masseförmerei häufig vorkommt, ist das Formen eines Cylinders zu einer Dampfmaschine, mit angegossenen Dampfkanälen und Auspuffrohransatz, wie ihn die Fig. 29 *a, b, c* darstellen.

Fig. 29 gibt einen Durchschnitt durch die Eisenstärke in der Trennungsebene der Kasten und zeigt die sämmtlichen Kerne im Grundriss, undurchschnitten. Die Cylinderflanschen fallen mit dem

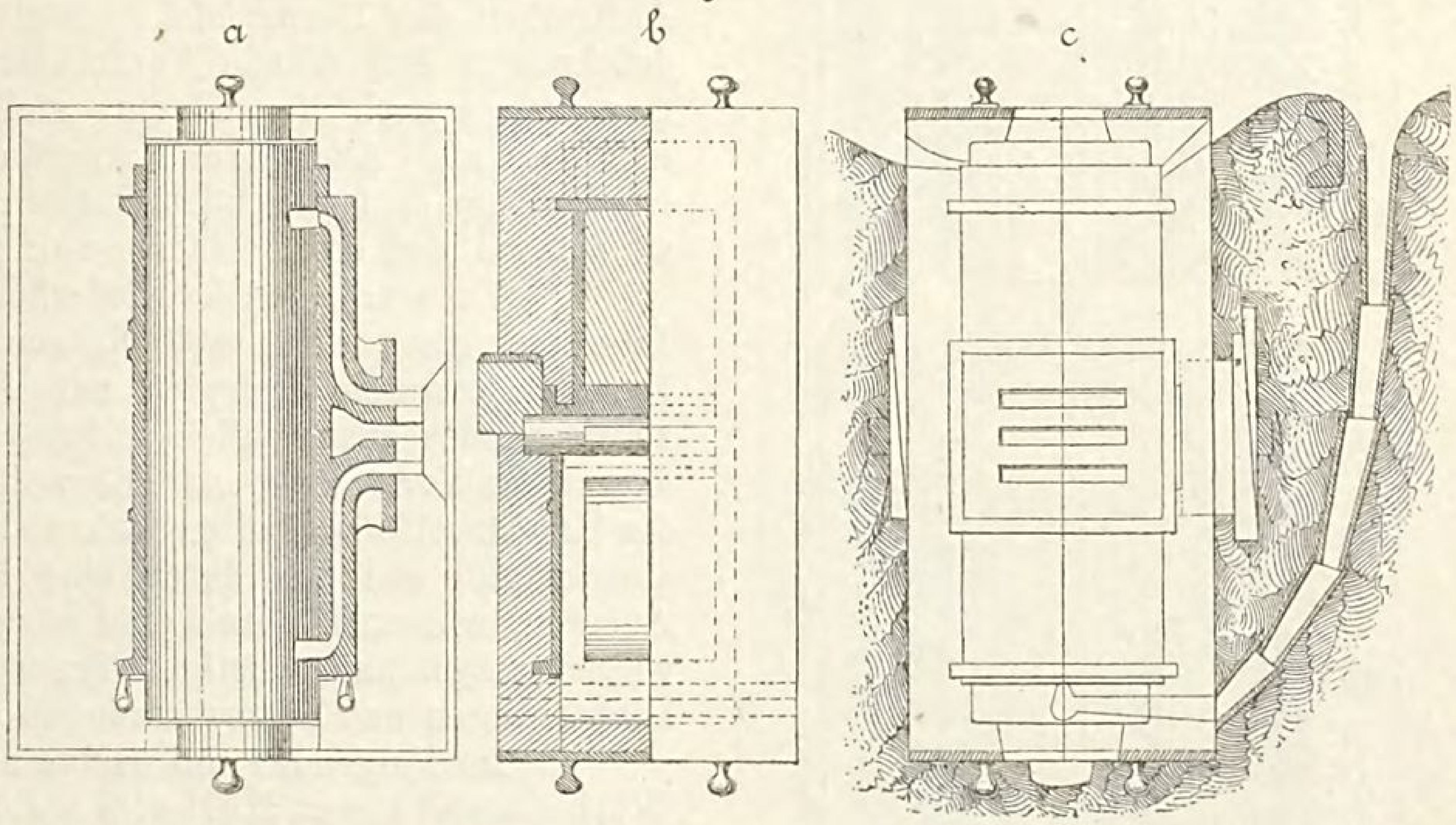
oberen resp. unteren Umriss der Dampfkanäle zusammen und am unteren Ende treten beiderseits die Eingüsse in die Form. Am oberen Ende setzt sich die eigentliche Cylinderwandung über den Flansch hinaus fort und bildet das, was man den verlornen Kopf nennt, ein bei dem Bearbeiten auf der Drehbank abzustechendes Gusseisenstück, in dem sich die Unreinigkeiten ansammeln und concentriren und aus dem beim Ende des Gusses selbst das überschüssige Eisen zur Seite hinaustritt, wie dies in *c* (links) angedeutet ist.

Der Mittelkern liegt an beiden Enden in breiten Kernmarken fest auf und kann seine Gase nach beiden Seiten hin ungestört entlassen; ebenso ist für die Kerne der Dampfkanäle und des Auspuffrohrs ein besonderer Luftkanal an der Seite (*a* rechts) angebracht. Alle diese Lüfte werden mit Formsand lose verschüttet, ehe man zum Guss schreitet. Der Flansch des Auspuffrohrs, welcher zu der Theilungsfläche der Kasten parallel aber ausserhalb der Masse des einen Kastens zu liegen kommt, muss, um das Modell abziehen zu können, mit einem besonderen kleinen Hilfsformkasten bedeckt werden, der in *b* und *c* angedeutet ist und der später an den zusammengesetzten Kasten fest angeklammert wird.

Das Förmereiverfahren selbst verläuft so, dass die eine Modellhälfte auf das Modellbret gelegt und in der einen Kastenhälfte eingeformt wird. Das Stampfen der Masse geschieht ihrer Consistenz wegen mit schweren eisernen Stampfern, die an einem Ende gerundet, am anderen geschärft sind (um vor neuem Aufsieben die festgestampfte Oberfläche eventuell wieder aufritzen zu können). Die Masse darf, nachdem sie gestampft ist, dem Fingerdruck nicht nachgeben und muss fast steinhart sein.

Nach dem Wenden der Kastenhälfte mit Hilfe des Krahnes wird die Oberfläche geputzt, die andere Modellhälfte aufgesetzt, die Trennungsfläche mit Sand bestreut und dann die andere Kastenhälfte darauf gebracht. Das Füllen derselben geschieht, nachdem die beiden Eingüsse festgestellt worden und es wird mit dem Stampfen bis an den oberen Rand des Flansches vom Auspuffrohr fortgefahren und um die äussere Flanschfläche eine grade Fläche von der Grösse hergestellt, dass ein die Kernmarke des Rohres aufnehmender und den Flansch bedeckender Formkasten Platz hat. Der Rest der grösseren Kastenhälfte wird vollkommen grade abgestrichen, dann der kleine Formkasten auch gefüllt.

Fig. 30.



Nachdem die Arbeit so weit gediehen, hebt man den kleinen Kasten ab, nimmt das Auspuffrohrmodell sammt Flansch heraus, hebt den Oberkasten sammt oberer Modellhälfte heraus, und wendet ihn um. Man nimmt alsdann aus beiden Formhälften die Modelle heraus, wobei zu bemerken ist, dass man die Flanschen, die von vornherein ablösbar sind, sitzen lässt und nachher herauszieht.

Nachdem die Modelltheile entfernt sind, kommen die Formstücke in die Darrkammern, in denen sie getrocknet werden und deren beste Einrichtung später beschrieben wird. Nachdem sie 18 Stunden und noch länger darin getrocknet haben, nimmt man die Formen heraus, bessert die rissigen Stellen aus, misst Alles sorgfältig nach, um etwaigen Folgen ungleicher Schwindung der Masse zu begegnen und schreitet dann zum Schlichten resp. Schwärzen. Diese Manipulation tritt bei den Masse- und Lehmformen an die Stelle des Stäubens der Sandform, weil der Staub auf den trocknen glatten Flächen der Masseformen nicht halten würde. Die Schlichte oder Schwärze ist im Princip Nichts weiter als ein im Wasser suspendirtes Gemisch von feinem Lehm mit Kohlenstaub und zwar gewöhnlich Cokes, besser noch Graphit. Die Suspension wird durch Einmengen schleimiger Substanzen, Mehl, Bier, Seife u. A. befördert und es wird mit der Composition der Schlichten eine starke Geheimnisskrämerei betrieben.*)

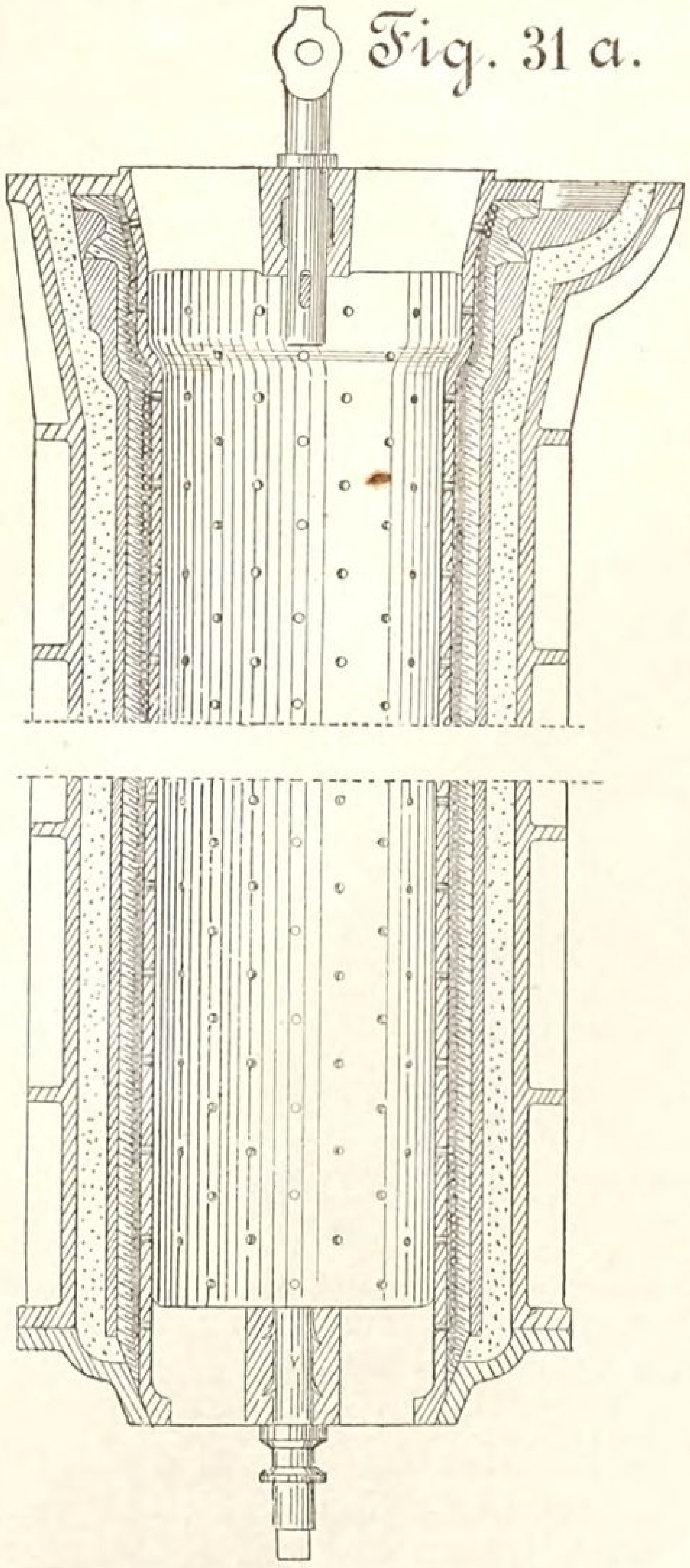
Die geschlichteten und geschwärzten Formen kommen nochmals in die Darrkammern und müssen dann vor der Zusammensetzung und dem Einlegen der Kerne abermals sorgfältig nachgesehen und eventuell noch geflickt werden.

*) Auch ein gründliches Poliren der geschlichteten Flächen ist erforderlich, wenn man glatte Güsse haben will und in der Sorgfalt hierfür liegt mehr Wichtigkeit wie in der Complication des Recepts der Schlichte.

§ 39. Unter den Masseformen nehmen die der Leitungsrohre eine hervorragende Stelle ein, weil dieser Fabrikationszweig nur dann Erfolge, technische wie ökonomische, aufweisen kann, wenn die Fabrikationsmethode ausschliesslich Masseförmerei ist und wenn die Fabrikation selbst in möglichst grossem Maasstab ausgeführt wird. Die Röhrenförmerei und -giesserei ist durch vielseitige concurrirende Anstrengung zu einem ganz speciellen und sehr grossartigen Betrieb herausgebildet worden, nachdem man gezwungen worden war, rasch und mit einer gewissen Garantie dem Abnehmer gegenüber zu arbeiten.

Die älteste Manipulation, die Rohre mit getheiltem Holzmodell in zweitheiligem Kasten zu formen und wagerecht, bezw. schwach geneigt zu giessen, wird für die einfachen Leitungsrohre nicht mehr geübt, sondern höchstens noch für Façonröhren, Knierohre etc. angewendet, wo eine relativ geringe Anzahl herzustellen ist und wo auch in der Regel etwas höhere Preise bewilligt werden.

Fig. 31 a.



Diese ältere für schwache Durchmesser oft in gewöhnlichem Sand ausgeführte Formmethode, gestattet weder geringe Wandstärken noch grössere Baulängen mit gleichmässiger Sicherheit zu erreichen, so dass, als man allgemein zu garantirten Minimalgewichten und grösseren Baulängen überging, man genöthigt war, andere Formmethoden aufzusuchen und namentlich die Formen aus Masse herzustellen, um dem Eisen einen stärkeren Druck durch verticale Gussanordnung geben zu können.

Durch den verticalen Guss wurde auch die Excentricität der Rohre vermieden, welche beim Horizontalguss durch das Auftreiben des Kerns leicht eintritt und zu vollständigen Verdrückungen der Wände Veranlassung gibt. Anfänglich formte man immer noch liegend ein, stellte dann die Kasten aufrecht und goss ab. Auch diese Anordnung der Arbeit ist verlassen worden, um dem stehenden Formen und stehenden Giessen Platz zu machen und damit einer noch grösseren Vereinfachung.

Es wurde auch wiederholt der Versuch gemacht, im Interesse einer noch geläufigeren und billigeren Arbeit, die Handarbeit durch Stampfen mit Maschinen zu ersetzen und es arbeiten auch thatsächlich etliche grosse Röhrengiessereien mit derartigen Vorrichtungen. Die weitaus grössere Anzahl hat aber die Handarbeit beibehalten, indem sie dieselbe allerdings möglichst einschränkt und nur durch eine kluge Disposition der ganzen Anlagen, wie auch durch eine ausgiebige Anordnung von Hebevorrichtungen und sonstigen Transportmitteln alle möglichen Erleichterungen und Unterstützungen der Handarbeit geschaffen hat.

Im Folgenden soll nach einer Publication der Friedrich Wilhelmshütte zu Mülheim a. d. Ruhr das Detail, späterhin auch die Disposition einer solchen Giessereigegeben werden. Es wird dabei gewissermaassen der sonstigen Stoffdisposition etwas vorgegriffen und es werden auch die anderen Apparate mit einbezogen und kritisirt — die Anordnung hängt aber so sehr von der speciellen Natur des Details ab, dass sie hier mit berührt werden musste.

§ 40. Die Form eines nach der genannten Methode zu giessenden Rohres, wird in folgender Weise hergestellt. Eine gewisse Anzahl unten und oben offener, cylindrischer, hinlänglich starker Formkasten ist vertical zwischen Sohle der Hütte und dem als Arbeits- und Giessbühne dienenden ersten Stock des betreffenden Gebäudes aufgehängt, und jede Reihe solcher Formen wird durch einen Krahn beherrscht, welcher entweder feststeht und dann nur für die betreffende Reihe dient, oder beweglich, also ein wirklicher Brückenkrahn ist und zwei, eventuell drei Reihen Kasten bedienen kann.

Da derselbe Krahn auch das Eisen aufzieht, so muss an einer Seite der ganzen Aufstellung eine Durchbrechung der Arbeitsbühne vorhanden sein, dieselbe liefert gleichzeitig den Durchgang für das Aufziehen der Kerne und das Herunterlassen der Rohre nach dem Abguss.

Die Form selbst anlangend, so ist dieselbe in Fig. 31 *a* dargestellt, wie sie fertig zusammengesetzt und mit Eisen ausgegossen ist. In Fig. 31 *b* ist ein Durchschnitt der Form mit dem eingesetzten Modell dargestellt. Das Letztere, wie auch die Kernspindel (Fig. 31 *a* der innerste durchlöcherte Cylinder) schliessen sich mit conisch abgedrehten Flächen an den unteren Verschlusstheil des Formkastens an und verhindern auf diese Weise zuerst jede Unexcentricität beim Formprocess, dann das Aufbrechen des Eisens beim Giessen.

Wie aus den beiden Skizzen hervorgeht, ist die Dicke der Formmasse im Vergleich zum Rohrdurchmesser eine minimale; man ist darin soweit gegangen, als es Rücksicht auf die Adhäsion an den Formkasten irgend gestattete.

Wenn ein Rohr abgegossen und herausgezogen worden ist, wird der Sand herausgestossen, das Modell in den Formkasten eingesetzt, oben durch einen Querarm, oder in sonst geeigneter Weise centrisch befestigt, darauf der frische Sand aufgeschüttet und mit langen Stampfen rund an das Modell festgestampft. Da das Modell genau bis an die Oberkante des Formkastens reicht, wird einfach abgestrichen und dann das Modell mit dem Krahn herausgezogen.

Das Trocknen findet an Ort und Stelle entweder durch transportable Oefen statt, oder durch eine Gasfeuerung, die von einem Generator aus gespeist wird. Kleinere Rohre kann man auch mit schwachgepresstem Wind trocknen, der in einem gewöhnlichen Winderhitzer erwärmt worden ist.

Auch fahrbare Formen kommen vor, doch ist dem obengeschilderten Verfahren der Vorzug zu geben, als dem sicheren und in der Anordnung weit stabileren.

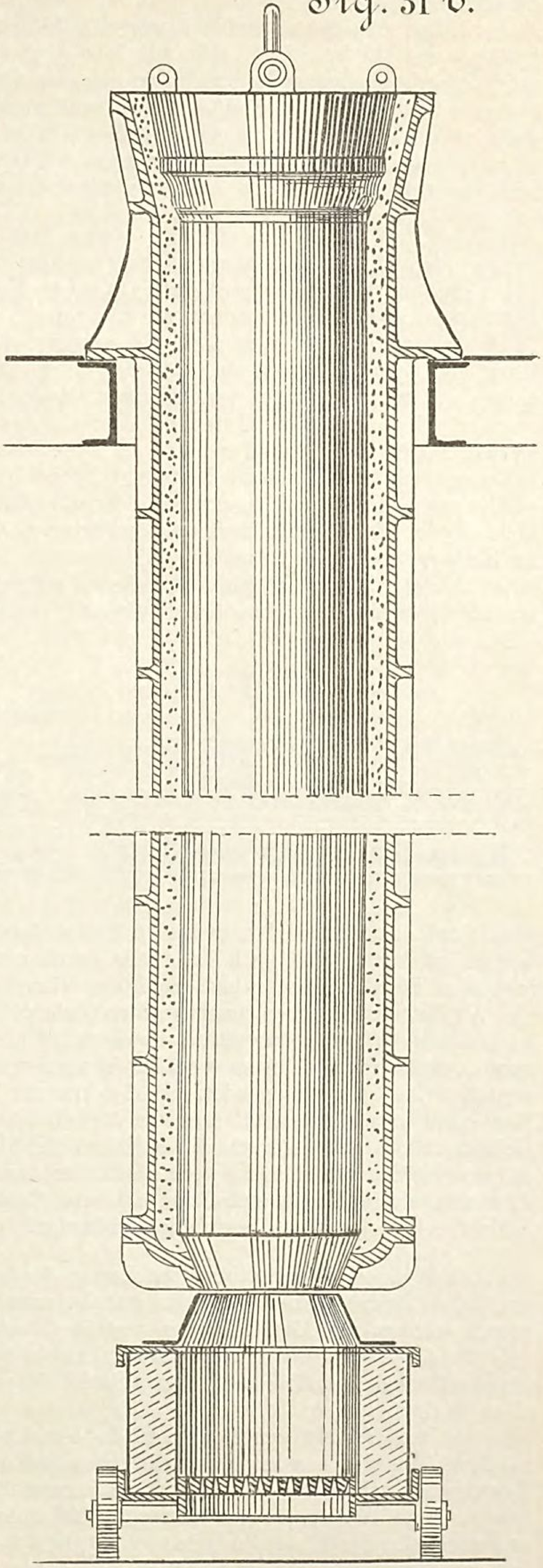
Die fahrbaren Trockenöfen, wie sie in Fig. 31 *b* angedeutet sind, haben eine einfache Construktion, die keiner Erläuterung bedarf. Sie werden mit verschieden weiten Hüten versehen, von einer Form unter die andere gerollt und falls eine richtige Reihe eingehalten wird, fast ununterbrochen gebraucht.

§ 41. Der K e r n, wie ihn die Fig. 31 *a* zeigt, besteht aus einer hohlen gusseisernen Spindel, an beiden Enden mit Armkreuzen versehen, in deren Naben Drehaxen sitzen. Diese Spindeln sind den Modellen und Formkasten genau angepasst, so dass sie beim Einsetzen die Form nach unten und oben genau abschliessen und dass oben nur an der einen Seite der Eingusstrichter bleibt.

Diese Kernspindeln werden mit Strohseilen fest übersponnen und dann mit etwas fettem Formlehm überschmiert und mit Chablonen abgedreht. Die Kerndrehbänke, in deren Lager die Axen der Kernspindelarmkreuze einfallen, werden bei den grossen Giessereien durch Transmissionen von einer Maschine aus, bei den kleineren Ateliers von Hand getrieben. Man dreht den möglichst steifen Lehm mit eisernen Chablonen genau ab und übergibt dann die Kerne dem ersten Trocknen. Dieses geschieht entweder unter Blechhauben, welche über die mit nassen Kernen besetzten Trockengerüste gestülpt werden, während in irgend einer Weise Feuergase unter der Glocke und zwischen den Kernen circuliren, oder in wirklichen Darrkammern mit Vorbewegung der seitlich auf geneigten Schienen aufgelagerten und leicht voranzurollenden Kerne. Im letzteren Fall setzt man auf der einen Breitseite ein und zieht auf der anderen Breitseite wieder heraus; die Bewegung der Feuergase geschieht am Besten in umgekehrtem Sinn.

Die derart getrockneten Kerne werden nochmals abgedreht, aber diesmal vollständig trocken, dann mit der erforderlichen Schlichte oder Schwärze überzogen und in einem zweiten Ofen, oder unter einer zweiten Haube übertrocknet. Sie werden dann an die Krahn-

Fig. 31 b.



kette gebracht und aufgezogen, um vertical in die inzwischen getrockneten Rohrformen eingelassen und daselbst befestigt zu werden.

Das Abgiessen geschieht, wie alle Manipulationen, in einer Folge für die Rohre einer Formenbatterie und es ist leicht, sich mit dem Abgiessen aller Batterien so einzurichten, dass der Cupolofen nicht lange Campagnen hat und gehörig ausgenutzt wird.

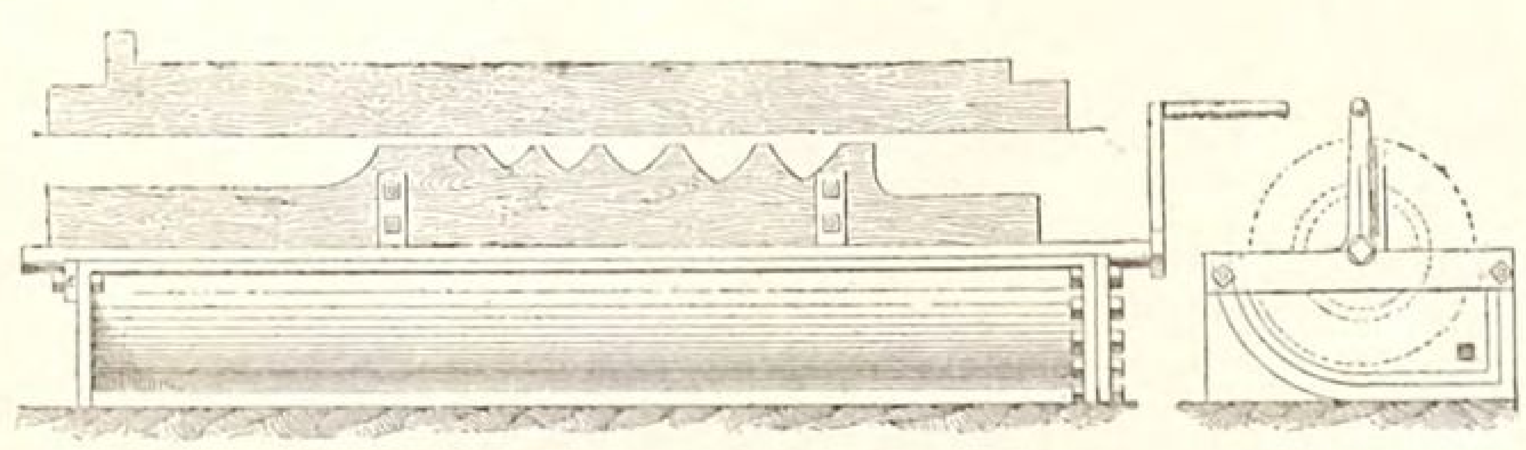
Nach erfolgtem Abguss wird zunächst der Kern herausgezogen und heruntergelassen, dann das Rohr gepackt und damit ebenso verfahren. Die Krahnvorrichtungen sind hinreichend kräftig erbaut, um alle diese Arbeit zu leisten und werden mit Dampf betrieben, oder mit einer fortlaufenden Transmission. Die Anordnung der ganzen Anlage wird erst später mitgetheilt werden.

§ 42. In Masse werden ausser den genannten, noch manche Gegenstände geformt, welche eine gewisse Modification des Verfahrens nothwendig machen. So ist beim Vorhandensein bündiger aber grobkörniger Massen, eigentlicher fetter Sande, oft nur eine leichte Uebertrocknung nothwendig, um fertige ausgiessbare Formen zu erhalten.

Dann arbeitet man auch die schwersten Stücke direkt in einem mit solcher Masse angefüllten Herd und benutzt nur noch Deckkasten resp. Kernstücke dazu, die Form zu vervollständigen. Es ist dann die Förmerei der im gewöhnlichen Kasten und mit grünem Sand fast genau entsprechend, nur dass einzelne Theile und die Kasten der Form etwas stärker sind, dass die erforderlichen Anordnungen zum Verhüten des Schlagens der Lüfte getroffen werden etc. Nach erfolgtem Einformen wird das Modell herausgezogen und die leere Form mit Feuerkörben und derartigen, durch Strahlung wirksamen Wärmequellen und Heizvorrichtungen getrocknet. Es muss hierbei natürlich rasch gearbeitet werden, um nicht wieder die Bodenfeuchtigkeit zurücktreten zu lassen — und es ist der Herd an sich möglichst gut zu isoliren und zu unterbauen.

Es existiren Maschinenfabriken, welche die schwersten Drehbankbetten und Hobelbanktheile, bis 20 Tonnen schwer, in solcher Weise giessen und sehr bedeutend an Kosten sparen. Da das Formmaterial für das Gelingen dieser Art von Masseförmerei von eminenter Bedeutung ist, so kann eine solche Methode nur da in grösserer Anwendung stehen, wo dergleichen Massen erreichbar sind oder vorkommen.

Fig. 32.



Unter solchen Umständen erhält die Massenförmerei überhaupt eine grössere Bedeutung und greift vielfach auf die Gebiete der Sand- und der Lehmförmerei über. Die etwaigen Mehrkosten des Trocknens gegenüber dem Guss im grünen Sand, sowie die Mehrkosten der Modellanfertigung, gegenüber dem Lehmguss werden in beiden Fällen durch grössere Genauigkeit und Sauberkeit der Güsse aufgewogen, im letzten Fall noch besonders durch raschere Arbeit. Die nachherigen Bearbeitungskosten sind in beiden Fällen geringer und die Förmerlöhne stellen sich billiger als beim Lehmguss.

Zur Ausführung einer solchen Arbeit ist ein Maximum von Porosität im bündigsten Sand zu erstreben bezw. aufzusuchen; wo dasselbe nicht von Hause aus, oder von Natur vorhanden ist, kann man es herbeiführen, indem man Mischungen von sandfreiem Letten und gebranntem, dann zu Chamotte zerpulvertem Letten anwendet. Der gebrannte Letten kann auch durch scharfen nicht decrepitirenden Mauersand ersetzt werden. Für die Modellflächen reibt man das Gemisch durch ein entsprechend feines Sieb und stellt sich dadurch die erforderliche Glätte her, welche ausserdem durch die nassaufzutragende und zu glättende Schlichte noch vollkommener gemacht wird. Diese glatte dichte Schicht darf nicht zu stark sein, da sonst sich Scherben beim Contakt des Eisens ablösen und da ausserdem die Gase der Schicht selbst den Guss beunruhigen könnten.

§ 43. Eine eigenthümliche Formmethode, die gewissermaassen den Uebergang der Massenförmerei zur Lehmförmerei bildet, wird für manche massive Stücke angewandt, welche durch Rotationsfläche begrenzt werden, also durch Drehen von Chablonen um eine Axe herstellbar sind.

Am verbreitetsten ist diese Praxis in der Walzengiesserei, also einer eminent hüttenmännischen Förmereibranche, welche auf den meisten Giessereien der Hütten-Reviere, daneben aber auch fast auf allen Walzwerken geübt wird.

Das Princip der Formmethode besteht darin, in einer Massenform die eigentliche Formfläche mit Lehm auszudrehen und auszuschlichten und durch zweimaliges Trocknen einen dem Druck der grössten Eisenmassen widerstehenden Ueberzug herzustellen.

Man bedient sich zu dieser Arbeit eines zweitheiligen an einer Seite geschlossenen Formkastens von ausreichender Länge, um das ganze Objekt sammt dem verlornen Kopf, einem aufzusetzenden Stück, das die Blasenbildungen unschädlich zu machen hat, aufzunehmen.

Die eine Kastenhälfte ist cylindrisch, die andere halbcylindrisch, halb quadratisch, so dass der Gesammtquerschnitt cylindrisch mit einer rechtwinkligen Ecke in dem einen Quadranten sich darstellt. Beide Hälften werden mit Masse ausgestampft, nachdem noch die offenen Seiten der Kasten provisorisch mit eisernen Platten geschlossen worden sind.

Wenn beide Kasten voll sind, legt man eine Chablonenaxe ein, nachdem an der offenen Seite der Formkastenhälfte der als Lager fungirende Querbügel angeschraubt worden ist. Man schneidet nunmehr mit der glatten, Fig. 32 oben gezeichneten, Chablone zunächst die Masse heraus, schmiert dann beide Formhälften tüchtig mit Formlehm, auf die Masse selbst fetteren, nach der Innenseite magereren Lehm ein und dreht mit der in die Axe eingespannt gezeichneten Chablone (Kaliberwalze) die Form roh aus. Nach gehörigem Trocknen überzieht man die Innenseite der Form nochmals mit dem mageren Lehm und schlichtet genau aus. Dann wird nochmals getrocknet, geschwärzt und beide Hälften, fest zusammengeschraubt, in der Dammgrube aufgestellt. Der Einguss ist in der Ecke des vierkantigen Theils (siehe die rechts befindliche Seitenansicht in der Fig. 32) angebracht, führt das Gusseisen herunter und mit tangentialem Eingusszweig in den beim Guss untenstehenden Zapfen der Walze. Dass man auf diese Weise eine Menge auf Profilrotationen beruhende Formen herstellen kann, ist leicht einzusehen.

Von dem Kunstguss, der ebenfalls zum grössten Theil in Masse gemacht wird, soll hier nicht weiter gehandelt werden; es ist das eine durchaus ohne jeden nothwendigen Zusammenhang zum Eisenhüttenbetrieb stehende Specialität.

C. Von der Lehmförmerei.

§ 44. Die Lehmförmerei bedient sich nassen, sandigen Thones, welcher in ziemlich breiigem Zustand verarbeitet wird und dann mehrfacher Trocknung unterworfen werden muss. Es ist diese Formmethode die älteste aller ähnlichen Processe, an sich bequem und sicher, aber der wiederholten Trocknung wegen, zeitraubend und kostspielig. Sie eignet sich desshalb nur für grössere Sachen, oder für solche, die aus irgend einem Grund dem Guss grösseren Widerstand leisten müssen, oder, da die Lehmförmerei vorwiegend ohne Modell geschieht, die Anfertigung eines Modells nicht verlohnen.

Alle diese Verhältnisse sind in ihrem Zusammenwirken Ursache, dass die Lehmförmerei, ebensowenig, wie die Masseförmerei zu den vorherrschenden Methoden gehört, sondern dass sie ebenfalls in der Ausübung gegen die Sandförmerei stark zurücktritt. Einzelne Maschinen- und Baugusswaaren, Theile für Gasanstalten, Gefässe für chemische Fabriken, endlich statuarische Aufgaben liefern das Hauptcontingent der Lehmguss-Artikel.

Von den vorher beschriebenen Manipulationen unterscheidet sich die Lehmförmerei hauptsächlich durch das Fehlen der Modelle und durch die ausgedehnte Anwendung von Chablonen. Der breiige Lehm würde an allen Modellstücken festkleben, wollte man ihn darum anhäufen oder herumpacken. Er wird auf Unterlagen von Metall oder von Luftsteinmauerwerk aufgetragen und mit Chablonen von beliebiger Form abgezogen, wie der Cementputz einer Wand. Oft können die Chablonen gedreht werden, wenn Rotationsflächen hervorgebracht werden sollen und es lassen sich dann durch Combinationen mehrerer gegen einander verstellbarer Axen recht complicirte Gestalten bilden, z. B. Zweigrohre für Leitungen etc.

Kleine Modellstückchen, Rahmen, Flanschen und Stutzen werden hin und wieder doch benutzt, aber ausnahmsweise. Sie müssen dann beim Trocknen vorsichtig abgelöst werden und kommen beim zweiten Lehmaufstrich und beim Schlichten nicht mehr zur Anwendung.

Am Meisten herrscht die Chablonenarbeit vor, und die nachherigen Beispiele werden auch vorwiegend eine derartige Praxis erläutern. Die anderen Methoden, ohne Modelle complicirte Gegenstände zu formen, sind im Interesse der guten Qualität der Fabrikate ziemlich verlassen worden; was man an den älteren Erzeugnissen der Lehmförmerei an Modellkosten ersparte, setzte man nachher vielfach an Bearbeitungskosten zu, so dass ein wirklicher Vortheil nicht herauskam.

§ 45. Das Rohmaterial der Lehmförmerei ist jeder hinreichend durch Sand gemagerte Lehm, der beim Trocknen nicht mehr stark reisst und Sprünge gibt. Man nimmt ihn indess nach der Innenseite der Form stets noch etwas magerer, als nach der Seite der Armaturen, weil er an dieser letzteren Stelle besser anhängen muss. Er ist dann gewöhnlich von der Consistenz und Fettigkeit des Töpferlehms, und besteht aus zwei Theilen Lehm, einem Theil Sand, während für den zur Herstellung der inneren Formflächen bestimmten Lehm sich das Verhältniss umkehrt.

Dass diese Verhältnisse keine absolut gültigen sein können, liegt auf der Hand, weil ja die verschiedenen Lehmsorten nicht ganz gleich sind und man wohl für jede an irgend einem Ort zur Verfügung stehende Sorte die zulässigen Verhältnisse herausexperimentiren muss. Wenn es sich um sehr grosse Formen handelt, um Formen für sehr massive und schwere Stücke, so muss man schon feuerbeständigeres Material wählen, Material mit feuerfester Chamotte gemischt, Chamotte selbst allein, oder mit feuerfesten Ziegeln in Verbindung gebracht.

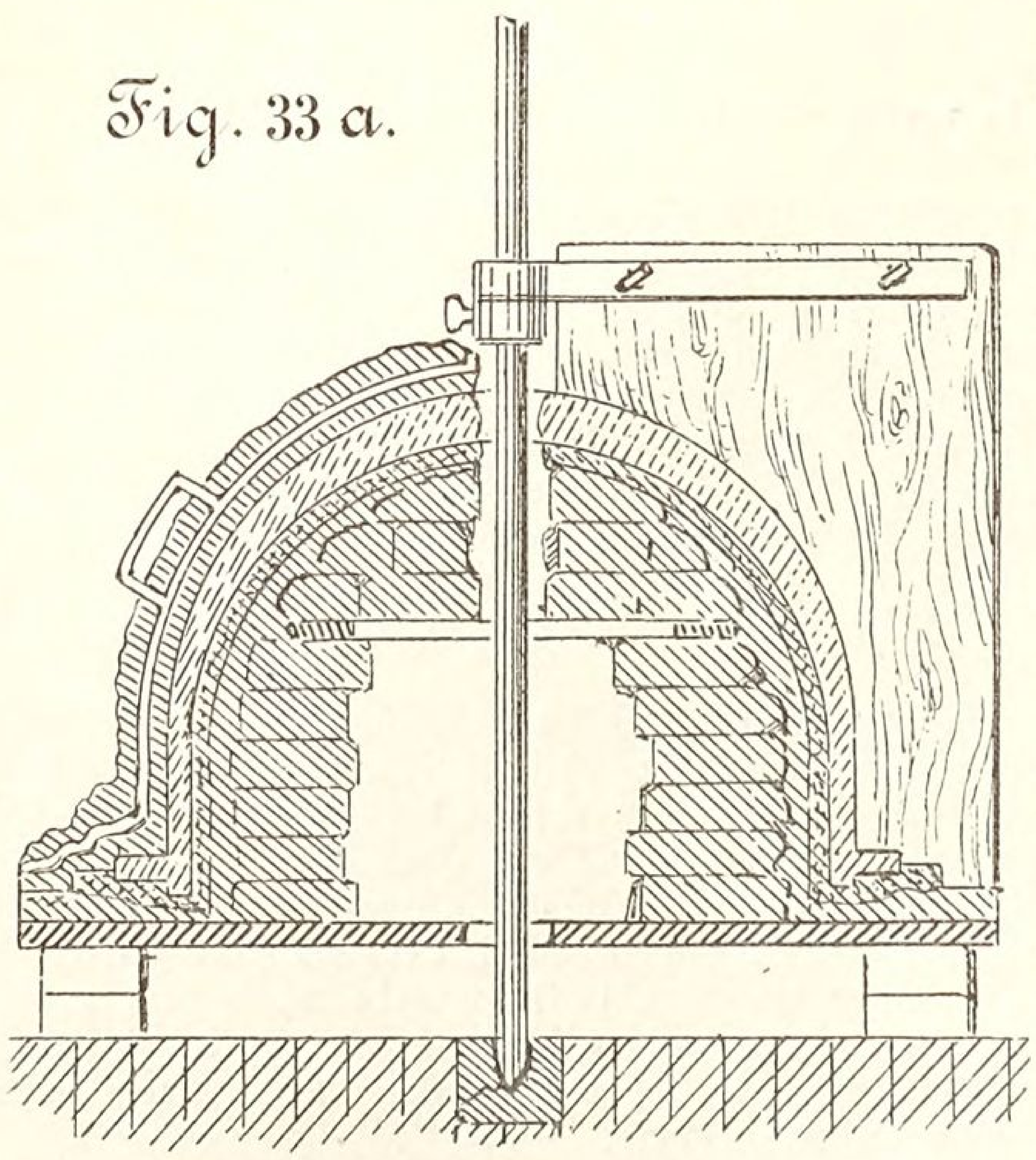
Schon bei der Masseförmerei für sehr heisse Güsse, z. B. für Stahlgüsse oder für sehr grosse Massen flüssigen Metalls ergibt sich die Nothwendigkeit, ausserordentlich feuerbeständige Gemische anzuwenden. Indessen findet hier noch mehr als bei der Lehmförmerei eine Rücksichtnahme auf Porosität statt und auf gutes Ableiten der Gussgase.

Bei dem Aufbau schon wenig massiger Formen verwendet man das Material in vorgeformtem Zustand, d. h. als Luftsteine, als Ziegel, welche nur getrocknet, nicht gebrannt zu werden brauchen. Dadurch erspart man Zeit, nicht allein im Aufbau selbst, sondern auch im Trockenprocess, weil die Nässe des aufgestrichenen neuen Lehms sich gleich auf die Steine, d. h. eine grössere Masse vertheilt, um dann gar leicht entfernt zu werden.

Der Aufbau erfolgt stets unter Zuhilfenahme von eisernen Theilen aller Art, welche den Formen die erforderliche Versteifung und Armirung geben sollen. Es bestehen dergleichen Armaturen aus Platten, ringförmig und scheibenförmig, Bügeln aller Art, nach der Form resp. den Chablonen an Ort und Stelle gebogen, Anker, Zugschrauben und dergleichen, welche die Formstücke, theils für sich, theils nachher in ihrer Zusammenstellung fest zusammenhalten müssen.

Einzelne dieser Theile sind der bessern Adhäsion des Lehms wegen mit angegossenen Spitzen und Zapfen versehen. Bei anderen, die in den Lehmmänteln eingebacken liegen, genügt die blosse Adhäsion des Lehms, welcher im Contakt des Eisens stets etwas fetter zu nehmen und nachher, wie schon angedeutet, mit dem mageren Lehm der Formwände selber zu beschlagen ist.

Fig. 33 a.



Die allgemeine Praxis der Lehmförmerei wird an den folgenden Beispielen genugsam erläutert, um von dem aufmerksamen Leser verstanden zu werden. Frühere specielle Fälle, wie der vollständige Ersatz von Modellen durch falsche Lehmmodelle, z. B. bei Balanciers, kommen wenig mehr vor.

§ 46. Eine sehr gewöhnliche Lehmgusswaare sind grössere Kochkessel für häusliche, landwirthschaftliche und andere Zwecke. Dieselben werden, sofern sie keinen grossen Druck auf dem Boden auszuhalten haben, so geformt und gegossen, wie Fig. 33 *a* zeigt, d. h. mit dem Boden nach oben. Die Form wird auf einer in der Darrkammer etwas erhöht gelegten mit Ohren versehenen ringförmigen Platte so aufgebaut, dass man mit dem Kern (aus Luftsteinen gemauert) beginnt, darauf dann mit einer Chablone die beiden Lehmlagen abdreht, bis die innere Fläche des Kessels hergestellt ist. Nachdem diese Lehmschichten in der Darrkammer vollkommen getrocknet worden sind, wird die Kernoberfläche (das Abbild der Innenfläche des Kessels pflegt man auch Kern zu nennen) mit Asche in Wasser angerührt, überzogen, um das Anhängen der nächsten Lehmlage zu verhindern. Die nächste Lage bildet die getreue Wiedergabe der Metall- oder Eisenstärke und wird mit einer Chablone, die äussere Kesselkrümmung darstellend, in einem Auftragen abgezogen, dann getrocknet und ebenso mit Asche überstrichen, wie vorher die Kernoberfläche. Hierauf wird eine Lage mageren Lehms aus freier Hand möglichst gleichförmig aufgetragen, oder auch mit einer etwas weiter gestellten Chablone ganz roh abgedreht und dann mit fetterem Lehm überkleidet, in welchen man, nach grössten Kreisen also radial zur Drehaxe gebogene Eisenstäbe, z. Th. mit Handgriffen versehen, eindrückt, dieselben unter einander mit Drähten abbindet und dadurch ein Mantelgerüst von hinlänglicher Steifigkeit herstellt. Auch Fassreifen, oder gebogenes Bandeisen werden von einem der Bügel zum anderen gelegt und befestigt. Nachdem der Mantel getrocknet ist, wird er mit der Lehmsäge in zwei Hälften zerschnitten und abgenommen, dann reparirt und wiederholt aufgepasst. Hierauf zerschlägt man die Eisenstärke vorsichtig und nimmt sie in Scherben herunter, schmiert das Loch im Kern für die Chablonenaxe, das vorhin nach Fertigstellung der Eisenstärke provisorisch zugestrichen war, genau zu, trocknet, schwärzt und stellt zum Guss zusammen.

Wie aus der Figur zu ersehen ist, schliessen Mantel und Unterlagplatte mittelst eines sogenannten Schlosses, d. h. einer gebrochenen Fläche fest aneinander und der Durchtritt des an dieser Stelle stark drückenden Eisens ist möglichst erschwert. Die Eingüsse kommen auf den Kesselrand und mit

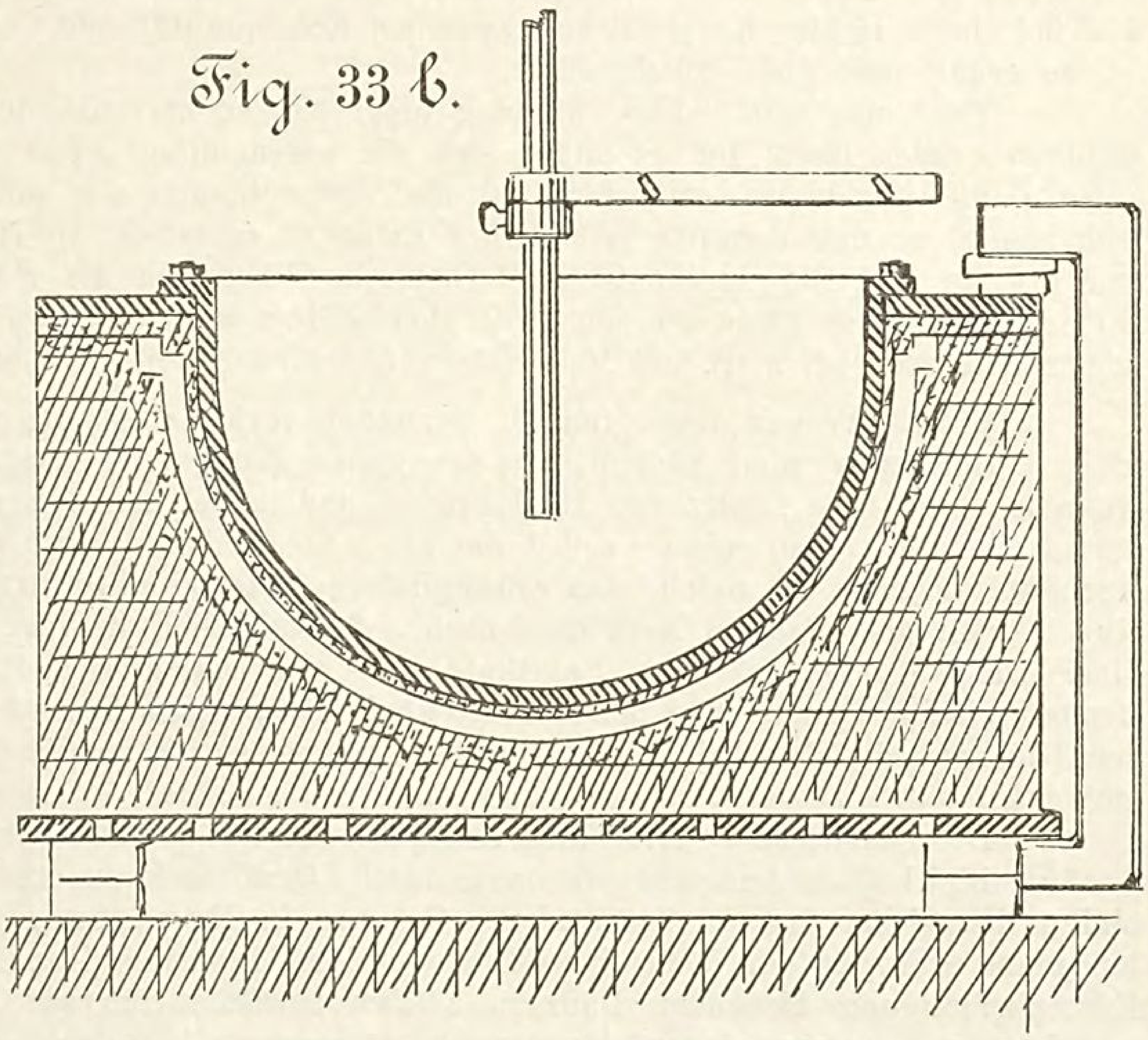
Thonröhren, wie bei Fig. 30 wird das Eisen in die tief und fest eingedämmte Form geleitet. Auf den Boden des Kessels kommt ein hoher Lufttrichter zu stehen, in dem das flüssige Eisen aufsteigt, wenn die Form voll ist und welcher später vorsichtig abzuschneiden ist.

Bei dieser Methode werden die Kesselböden leicht zu porös, während die in ganz ähnlicher Weise gegossenen Glocken (den Schlagrand nach unten gerichtet) die normale Metalltextur erhalten: dichten Schlagrand, leichtere Haube und Krone.

§ 47. Bei Kesseln für hohe Drucke, zum Schmelzen specifisch schwerer Metalle, z. B. bei Pattinsonirungs- und anderen Entsilberungskesseln giesst man, was einzelne Fabriken auch schon bei Sandgussarbeiten thun, mit hängendem Kern, den Boden also nach unten gekehrt und den Rand nach oben. Zu einer solchen Formherstellung ist natürlich ein andrer Kernaufbau nothwendig und bedarf die Formmasse des Kerns einer durchaus sicheren festen Unterstützung resp. Armatur.

Die in Fig. 33 *b* dargestellte Form zeigt, dass der Kernlehm auf einem gusseisernen Korb, welcher zu der Innenfläche des Kessels concentrisch gekrümmt ist, aufgetragen werden muss und der Mantel in einem auf einer Ringplatte, oder einer ziemlich vollen Platte aus Luftsteinen und Lehm aufgemauerten Massiv ausgedreht wird.

Fig. 33 b.



Beide Chablonirungen geschehen für sich und die beiden Theile der Form werden separat getrocknet, geschlichtet und zum Guss vorbereitet, dann zusammengesetzt, entweder, wie in der mitgetheilten Figur, mittelst Klammern von Gusseisen, oder mittelst Schrauben, welche die Randplatte des Kernkorbes mit der Sohlenplatte des Mantels vereinigen. Die Eingüsse, sowie die Lüfte und Steigtrichter stehen alternirend auf dem Rand der Form und sind durch Sanddämme sorgfältig von einander geschieden. Die Form ist vor dem Guss eingedämmt, besonders, um bei auf der Hüttensohle aufgebauten Oefen einen hinlänglichen Fall und Druck des Eisens zu haben, dann aber auch, um einen Abschluss gegen das Durchtreten des Eisens leichter und bequemer zu erzielen. Allerdings ist damit ein Zeitaufwand verbunden, den man vermeiden kann, sobald man aus Kesseln giesst, die sich mit Hilfe des Krahns hochziehen lassen und sobald man beim Zusammensetzen die Formenfugen äusserlich gut mit Lehm verstreicht.

Derartige starke Armaturen, wie sie hier schon geschildert, müssen bei allen schweren und druckhaften Lehmgüssen angewandt werden und oft in beträchtlicher Zahl und Stärke. Man thut gut, sie nicht aufzubewahren, wie das früher oft geschah, auch wenn Stücke nur einmal zu giessen waren und man berechnet ihre Herstellung dem Förmerpersonal nicht besonders.

Es liegt auf der Hand, dass auf diese Weise sonst sehr leicht enorme Eisenmassen als werthloses Material daliegen, wie man das bei älteren Giessereien findet.

Weitere Beispiele des Lehmgusses sind nicht mitzutheilen; die Details der Dammgruben und Darrkammern werden an anderen Orten zur Besprechung kommen, ebenso eventuelle generelle Einrichtungen.

D. Schalenguss.

§ 48. Es wurde bereits im Eingang dieses Abschnittes (§ 4) erwähnt, dass in seltenen Fällen auch das Eisen als Formmaterial Verwendung findet. Die Gesammtheit dieser Fälle bildet den Schalenguss, Hartguss, Coquillenguss. Er beruht auf der Veränderung, welche geschmolzene halbirte Roheisensorten durch sehr rasche Abkühlung erleiden und welche sich durch Zerfallen in eine weisse splittrige äussere Schale und einen inneren grauen Kern äussert. Diese rasche Abkühlung wird durch Anwendung gusseiserner Schalen oder Coquillen am Bequemsten hervorgerufen, wobei allerdings

immer nur ganz einfache Formen in Betracht kommen können. Diese eisernen Schalen müssen eine ausreichende Masse besitzen, um in dem in die Form fliessenden Eisen fast augenblicklich eine Eisenkruste hervorzubringen und um nach der Ausgleichung der Temperaturen von Guss und Schale nicht so erhitzt zu werden, dass eine Deformation, oder gar eine Zerstörung der Schalen eintreten kann.

Die Auswahl des geeigneten Gussmaterials ist bei der ganzen Frage eine grosse Hauptsache, weil durch die Scheidung der Gussmasse in zwei sehr verschiedenartige Bestandtheile bedeutende Spannungen entstehen, die von der absoluten Festigkeit des Materials ohne Schaden überwunden werden müssen, wenn die Hartgusswaare nicht zerreissen und springen soll. Auch später bei der Verwendung sollen die Folgen einer derartigen Beschädigung nicht hervortreten. Grund derselben ist die Verschiedenheit in den physikalischen Eigenschaften des abgeschreckten und gehärteten, und denen des grauen Theils des Gusses, in erster Reihe der grosse Unterschied der Ausdehnungscoefficienten beider Eisensorten. Während das weisse Roheisen ein Schwindmaass von 3/00 besitzt, schrumpft das graue Eisen nur $1^1/_2$/00 zusammen (vom flüssigen bis zum kalten Zustand). Die unter dem Einfluss der Schale sich bildende weisssplittrige Kruste, die Hartschale, wird sich desshalb linear doppelt so stark zusammenziehen, als die nächsten Schichten des graugebliebenen Theils. Ueberwindet nun die allgemeine absolute Festigkeit des Eisens diese Differenz und geht die weisse Rinde allmählig in den grauen Kern über, was bei einem richtigen Verhältniss zwischen Eisenqualität und Coquillenstärke nicht schwer zu erzielen ist, so erhält man gute Schalengüsse.

Tritt eine solche Ueberwindung nicht ein, so zerreisst die Hartschale über dem weniger nachgiebigen grauen Kern und es bilden sich die sogenannten „Hartborsten", Berstungen der Hartschale, die einzeln und mehrfach, oft als Verästelungen etc. auftreten. Oft bilden sich diese Borsten früh genug, um dem dahinter befindlichen Eisen zu gestatten, in flüssiger Form in die Spalten hinein und bis zur Coquille durchzutreten. Dadurch füllen sich die Hartborsten und schweissen wieder zu, immer aber ist das Eisen an solchen Stellen weich und dem Zweck einer solchen Hartschale keineswegs immer entsprechend, z. B. bei Polirwalzen für verschiedene Zwecke.

§ 49. Wegen dieser inneren Spannungsverhältnisse, die vom Hartguss unzertrennlich sind und nicht vermieden werden können, ist das ganze Hartgussmaterial sorgfältigen Proben zu unterwerfen, wenn man nicht im Besitz von Hochöfen ist und dasselbe aus Erzen direkt darstellt. Der letzte Fall dürfte eine Ausnahme sein — selbst die alten fiscalischen Werke wie z. B. Malapane u. A. haben ihre Hochöfen ausgelöscht, welche das vorzüglichste Material des Hartgusses hervorbrachten; und ganz vereinzelt trifft die emsigste Nachfrage noch auf absichtlich hervorgebrachtes Hartgusseisen. Wenn dies hinsichtlich der Qualität der Fabrikate auch zu beklagen bleibt, da andere neuerdings verwendete Gemische sehr selten einen hohen Härtegrad mit grosser Festigkeit vereinigen, so ist anderseits doch der Holzkohlenbetrieb bei der Roheisenerzeugung so theuer geworden, dass er sich kaum noch verantworten lässt.

Die chemische Qualität des Hartgussmaterials erhellt zur Genüge aus den im II. Band S. 288 § 475 mitgetheilten Analysen; die mechanische Qualität kann erst durch Zerbrech- und Zerreissversuche hinlänglich sicher festgestellt werden. Gruson in Magdeburg, der erste Hartgussfabrikant Deutschlands und Europas, der diese Specialität von den kleinsten Handmühlläufern bis zu den enormsten zur Küstenbefestigung dienenden Panzern cultivirt, wendet ein auf Erfahrung beruhendes Untersuchungsverfahren an, welches darauf hinausgeht, einen ganz bestimmten profilirten Probestab des betreffenden Eisens, in gewöhnlichem Sand gegossen, auf eine ebenso bestimmte Länge aufzuhängen und mittelst eines stabgleichen Gewichtes, das in der Mitte des aufgelagerten Stabtheiles angreift, in Anspruch zu nehmen. Bricht der Stab auch bei Wiederholung des Versuchs mit mehreren Abgüssen, so ist das Eisen zum Hartguss zu verwerfen oder nur in Mischung mit erheblich weit festerem Material zu gebrauchen. Untersucht man auch Mischungen auf diese Weise, so kann man auch die Wirkung der Umschmelzung die bei jeder Mischung noch hinzutritt, ebenfalls prüfen.

Da man die gleiche Abschreckung, d. h. die Erzielung einer gleichdicken Hartschale bei demselben Gegenstand durch Anwendung eines verschiedenen Dickenverhältnisses bei verschieden stark halbirten Roheisensorten erreichen kann, so hat man innerhalb der verwendbaren Eisensorten einen gewissen Spielraum und wird desshalb auch bei dem Vergleich der Hartgiesserei in verschiedenen Bezirken eine gewisse Verschiedenheit beobachtet. Die Engländer giessen z. B. Blechhartwalzen aus hellgrauen Roheisen (No. IV—V) in Schalen von bedeutender Dicke, deren Masse ungefähr das dreifache der Walze beträgt, während in Ober-Schlesien u. a. a. O. die Masse der Kapsel vielleicht nur $1^1/_2$ mal so gross als die der Walze ist. Die Wirkung der starken Kapseln ist eine intensivere und wird auch in grauerem Eisen eine hinlänglich starke Abschreckung hervorrufen, um eine Hartschale von gewünschter Stärke zu bilden; in den in Ober-Schlesien u. a. a. O. angewandten weit stärker halbirten Roheisensorten bringen schon die schwächeren Kapseln die gewünschten Effekte hervor.

§ 50. Was speciell den Aufbau der Hartgussformen anbetrifft, so bestehen dieselben aus zwei oder mehreren Theilen und sind im Grund meistens Kastenformen in Masse, von welchen ein Theil

durch gusseiserne Schalen ersetzt wird, an welche die mit Masse gefüllten Theile sich anschliessen. Bei Körpern mit hartzugiessenden Roll- oder Laufflächen, z. B. bei Rädern, Walzen etc., besteht die Form aus Ober- und Unterkasten in Masse, welche die weich zu giessenden Scheiben- und Zapfenflächen enthalten und zwischen sich die jene Roll- oder Laufflächen abbildenden Schalenstücke einschliessen.

Die Formkasten müssen in geeigneter Weise mit den Hartgussschalen verbunden werden, damit kein Eisen austreten kann und doch eine gewisse Beweglichkeit vorhanden ist, weil die Gesammthitze des Gusses sich zunächst auf die Schalen und die Formmasse vertheilt, jene in Gluth versetzt und die Letztere brennt. Das Glühen dauert bei eingedämmten Formen noch ziemlich lang, wenn irgend die Gegenstände schwer waren. Dieses Nachglühen veranlasst eine Ausdehnung der Coquillen, welcher die verbindende Befestigung mit den Formkasten etwas nachgeben muss.

Die gewöhnliche Befestigung ist desshalb die mittelst starker Bolzen und hoher Keile; die Bolzen sind in die Coquillenanschlussfläche eingeschraubt und passen in die nach radialer Richtung etwas oval geschnittenen Löcher der Formkastenflanschen.

Bei runden Formen sind diese Befestigungen gewöhnlich in gleicher Vertheilung rings um die Peripherie angebracht, während bei flachen und unregelmässig begrenzten Formen sich dieselben in beliebiger anderer Art zweckmässig vertheilen.

Die Anzahl der Beispiele des Hartgusses ist nicht gross, weil die Anfertigung mit Schwierigkeiten verknüpft ist und weil nur bei einer geringen Anzahl von Constructionen die Mehrkosten durch entsprechenden Nutzen aufgewogen werden. Bestimmte Stahlgemische haben vielfach den Hartguss ersetzt, ohne jedoch ganz gleiche Erfolge zu geben, weil die Härte der splitterigen weissen, die Rinde der Hartgussobjekte bildenden Eisensubstanz die Stahlhärte übertrifft, sodass viele Hartgussflächen mit dem besten Drehstahl nicht abgedreht, sondern nur mit Steinen und Schmirgel abgeschliffen werden können.

Bezüglich der Herstellung der Hartgussschalen ist noch zu bemerken, dass dieselben aus sehr gutem weichen Material hergestellt und meist genau bearbeitet sein müssen. Da sie sich durch die Glühhitze des Gusses werfen und leicht schief bleiben, müssen sie vor der Fertigstellung durchgeglüht werden. Bei einigen derselben, z. B. den Hartwalzenkapseln oder -schalen, welche zuerst vorgedreht, dann fertig ausgeschlichtet werden müssen, legt man das Ausglühen zwischen die beiden Abdrehoperationen und versucht auch nach dem Fertigdrehen noch zu controliren, ob ein wiederholtes Glühen eine neue Deformation der Kapselflächen hervorbringt, in welchem Fall allerdings nochmals ausgedreht werden muss.

§ 51. Die meisten Hartgüsse werden in Dammgruben gegossen oder in tiefer Lage; eine Ausnahme machen die Hartgussprojektile und die Räder, welche vielfach über der Sohle und in geschlossenen Kasten hergestellt werden.

Bei der Einführung des Eisens hat man darauf zu sehen, dass dasselbe in starkem Strahl in die Form gelangt, um wegen der fast momentanen Erstarrung keine Schweissungen innerhalb der sich bildenden Hartschale entstehen zu lassen. Trotzdem bemerkt man bei den meisten Hartgüssen eine gewisse Aneinanderlagerung verlaufener Massen, die auf den ersten Blick auf Schweissungen zu deuten scheinen, gewöhnlich aber so dünn sind, dass eine leichte Bearbeitung der Hartfläche die Ungleichheiten ganz fort nimmt und dass, wo keinerlei Bearbeitung eintritt oder stattfindet, die Ungleichheiten ihrer Geringfügigkeit wegen (sie gehen eben nur bis unter die Haut) geduldet werden können. Unangenehmer wirken emporgespritzte, an der Schale hängen gebliebene kalt gewordene und nachher vom steigenden Eisen eingehüllte aber nicht wieder aufgeweichte Tropfen oder Granalien von Eisen, ebenso auf dem Eisen, welches in die Form stürzt, schwimmende Schlackentheile und andere Unreinigkeiten. Derartige Körper müssen durch scharfe Bewegung des Gusses auf der Schalenfläche womöglich ab- oder zurückgespült werden.

Bei Hartwalzenkapseln leitet man desshalb das Eisen oft tangential in die Form ein, so dass es wirbelnd aufsteigt und Alles losreisst, was sich an die Wand angesetzt hat. Die mitgeführten Unreinigkeiten des Gusses, Schlacken etc., spülen sich in der Mitte der aufsteigenden Metallfläche zusammen und kommen gar nicht mit der Schalenwand in Berührung. Bei anderen Gestaltungen der Hartgussschale hilft nur grosse Vorsicht beim Abstreichen des Gusstümpels und rasches Füllen der Form, wobei aber immer auf einen in der Richtung der Schalenfläche anzulegenden Einguss zu sehen sein wird, um auch da die spülende Wirkung zu erzielen. Nur ganz schwere Massen, z. B. die von A. Gruson neuerdings fabrikmässig dargestellten Hartgusspanzerstücke verlangen keine besonderen Vorsichtsmassregeln beim Giessen — mit Ausnahme des sorgfältigen Abstreichens. Die Gussmassen sind in diesen Fällen so bedeutend, dass alle etwaigen Ansätze wieder aufweichen und verschwinden, besonders da die Schalenfläche des Gusses nach unten zu liegt und da die etwa herumgespritzten Eisentropfen immer wieder von neuen Massen flüssigen Eisens bedeckt werden. Kleinere Hartgüsse sind desshalb überhaupt sehr rasch zu füllen, um jede partielle Erstarrung zu vermeiden.

Wie aus den vorstehenden §§ hervorgeht, liegt der Schwerpunkt des Hartgusses nicht in dem Förmereiprocess an sich, sondern in der Wahl und Behandlung des Materials und dem richtigen Aufbau der Form beim Gusse selbst. Fehlgüsse können nur in Folge von Versäumnissen in der einen oder der anderen Richtung entstehen.

E. Sonstige Förmereiprocesse.

§ 52. Ausser den genannten Manipulationen kommen hin und wieder bei dem Eisengiessereibetrieb andere Form- und Giessmethoden vor, welche indessen zu der grösseren und gewöhnlichen Praxis nicht zu rechnen sind.

Dahin gehören z. B. der Feinguss, der schmiedbare Guss u. A., die noch weit mehr als der Hartguss Specialitäten geworden, welche nur bei einseitiger Beschäftigung gut gelingen.

Der Feinguss, welcher bei der Förmerei in Sand und Masse bereits genannt worden ist, beschäftigt sich fast ausschliesslich mit dem Abguss von verzierten und Kunstgegenständen kleinerer Dimensionen, da grössere vorwiegend in gröberer Masse und in Lehm hergestellt zu werden pflegen.

Abgerechnet von eigentlichen Kunstgegenständen, welche im Ganzen weit seltener aus Eisen als aus Bronce ausgeführt werden und welche nur auf wenig Giessereien die Hauptfabrikationsartikel ausmachen, fallen unter die Bezeichnung Feingusswaaren, alle kleineren Verzierungen, Nippes und Geräthschaften, bei denen es wesentlich auf sehr saubere Oberflächen ankommt, während verzierte Oefen, Gittertheile etc. schon im Wege des gewöhnlichen Sandgusses in genügender Sauberkeit herzustellen sind.

Das Formmaterial des Feingusses ist jede ganz feingemahlene Formmasse von der gewöhnlichen fetten Beschaffenheit, welche nach geschehener Einformung ein scharfes Trocknen verlangt; demnach gehört die Feinförmerei zu der Masseförmerei überhaupt oder bildet einen Zweig derselben. Alle übrigen Materialien des Einformens entsprechen durchaus derselben Rücksicht auf Feinheit, welche für die Wahl und Vorbereitung des Formmaterials massgebend gewesen. Anstatt des Streusandes zum Isoliren der beiden Kastenhälften bestäubt man mit Graphit und erzielt dadurch eine fast vollkommene Abwesenheit aller Gussnäthe. Ausserdem wird gleich an das Modell häufig wiederholter Abgüsse ein Eingussmodell von Metall angeschlossen, um alles Anschneiden der Formmasse zu vermeiden. Dann benutzt man zum Schwärzen oder Einstäuben der Form selber weder eine nasse Schlichte wie bei der groben Massenförmerei, noch eine staubförmige Kohle wie bei der Sandförmerei, sondern man beblakt die Formen mit Kiehnspähnen oder irgend einer anderen, eine Russflamme gebenden Substanz, Rüböl, Thran, Theeröl, Petroleum. Vorher muss natürlich die Form vollkommen getrocknet sein, weil sonst die Russbeschläge zu stark ausfallen würden. Das Giessen muss möglichst flüssig und mit Druck geschehen, auch muss bei verzweigten und weitläufigeren Gestaltungen mit unregelmässiger Metallvertheilung für ein möglichst ungehindertes Entweichen der Innenluft gesorgt werden. Die Metallstärken sind so unbedeutend, dass die geringste Luftblase ausreicht, um die Continuität zu stören und das Misslingen hervorzurufen.

Das beste Material des Feingusses ist ein etwas phosphorhaltiges feinkörniges graues Eisen; dasselbe ist hinreichend leichtflüssig und füllt die Form gut aus. Ist es ganz frei von anderen Bestandtheilen, welche die Leichtflüssigkeit und Weichheit nachtheilig beeinflussen, so kann man ein gleichzeitig sehr festes und weiches Fabrikat liefern, welches sich vortrefflich zur Nachahmung der Effekte alter Schmiedearbeiten eignet. (Ilsenburg.)

§ 53. Der schmiedbare Guss ist ein Fabrikat, welches die Vorzüge der Gusswaaren mit der Haltbarkeit des schmiedbaren Eisens vereinigen soll. Die Formgebung findet ausschliesslich im Wege der Reproduktion durch Formen und Giessen statt, während die Ueberführung der Gusswaaren in die schmiedbare Qualität durch einen besonderen sich anschliessenden Process geschieht, der den Namen: „Tempern“, „Adouciren“, „Weichmachen“ führt, aber wohl zu unterscheiden ist von allen blossen Glühprocessen, welche ebenfalls das Weichmachen zu harter Gusswaaren bezwecken. Alle etwas stark abgeschreckten Gusswaaren, welche eine oberflächliche Bearbeitung durch Abreiben, Bürsten, durch Ciseliren etc. erhalten sollen, müssen vorher geglüht werden, was in beliebiger Weise, in Muffeln oder in Sandpackung etc. geschehen kann. Es findet hierbei nur eine Umlagerung der kleinsten Theile statt, ohne dass eine Aenderung chemischer Zusammensetzung Platz griffe; allenfalls ist eine geringe Veränderung in dem Verhältniss der vorhandenen Kohlenstoffmodificationen zu erkennen. Bei dem schmiedbaren Guss aber verläuft der Glühprocess wesentlich anders und einschneidender, weil die zu tempernde Gusswaare nicht in ein indifferentes Mittel, sondern in ein sauerstoffhaltiges Mittel verpackt wird, ehe man sie zum Glühen bringt. Man wendet dabei solche Substanzen an, die in der hervorzurufenden Glühtemperatur nicht schmelzen, also keine sauerstoffreichen Salze, sondern strengflüssige Oxyde. Das nächstliegende ist Eisenoxyd, und ein sehr brauchbares Material würde u. A. noch jedes purple ore sein. Zinkoxyd ist stellenweise auch verwandt worden; Braunstein würde auch am Platze sein, wenn sein im Vergleich zum Eisenoxyd hoher Preis nicht ein Hinderniss allgemeiner Anwendung wäre.

Was nun das Material zum schmiedbaren Guss selbst betrifft, so haben sowohl Erfahrung als auch neuere Versuche mit Sicherheit ergeben, dass ein siliciumhaltiges graphitisches Roheisen möglichst auszuschliessen ist, weil sonst nach dem Tempern noch Graphitblätter sowohl äusserlich

wahrzunehmen sind, als innen, wo sie den Bruch des Eisens durchsetzen. Dadurch wird die beabsichtigte stahl- resp. schmiedeeisenartige Textur in ihrem Auftreten behindert und gestört. Die besten Roheisensorten zur Herstellung des schmiedbaren Gusses sind unstreitig die graphit- und siliciumfreien kohleärmeren weissen Sorten, darunter in erster Reihe die blumigen Flossen.

Beim Umschmelzen hat man darauf zu sehen, dass Umschmelzapparate und Umschmelzmethoden die Qualität des ausgesuchten Eisens möglichst wenig beeinflussen und dass, wenn ein solcher Einfluss bemerkbar ist, demselben bei der Wahl des Rohmaterials möglichst Rechnung getragen wird. Man schmilzt in Tiegeln oder auch in besonders construirten Schachtöfen, formt und giesst in feinerer fetter Masse und getrockneten Formen und unterwirft die Gusswaaren einer sorgfältigen Reinigung vor dem Tempern. Das Letztere dauert so lange als das vorsichtige Anheizen, ein mehrtägiges Vollglühen und ein langsames Auskühlen Zeit erfordert; die Vorsicht im Anheizen und Auskühlen ist geboten, weil sonst die Gusswaaren springen. Zum Tempern werden sowohl gewöhnliche Backöfen als auch Regenerativöfen verwendet. Fenster- und Thürbeschläge, gewöhnlichere Waffen, Nähmaschinentheile und Verwandtes werden auf diesem Wege vorzugsweise hergestellt.

2. Kapitel.

Wahl und Umschmelzung des Roheisens.

§ 54. Jedes graue Roheisen, das sich mehrere Male umschmelzen lässt, kann als Giessereiroheisen verwendet werden. Diese Eigenschaft, eine mehrmalige Umschmelzung ertragen zu können, ohne die graue Farbe zu verlieren, ist immer an eine reichliche Graphitausscheidung bei gewöhnlichem Verlauf der Erstarrung gebunden. Gewöhnlicher Verlauf der Erstarrung bedeutet hier die Erstarrung in Sand, Masse, an der Luft, nicht aber auf erhitzten Unterlagen, unter Schlackendecken und dergleichen. Durch eine auf die letztgedachte Art hervorgerufene künstlich verlangsamte Abkühlung können auch grobkörnige graphitische Gefüge in ganz feinkörnigem, selbst in schon halbirtem Eisen entstehen.

Im II. Band, S. 290, § 477 ist schon darauf hingewiesen, was Giessereiroheisen ist und welche Sorten diesen Namen vorzugsweise verdienen. Weiter ist aber hier noch zu unterscheiden, ob ein Material für gewöhnliche Qualitäten, welche unter den Gusswaaren vorherrschen, verlangt wird, oder für besondere theils sehr feste, theils harte Qualitäten, theils ganz specielle, wie sie z. B. beim Hartguss, schmiedbarem Guss etc. wichtig sind.

Die gewöhnliche Waare ist aber nach Stückzahl und Gewicht so sehr vorherrschend, dass die Haupteisensorte stets den Ansprüchen, wie sie die Herstellung der genannten Waare aufstellt, entsprechen muss. Die anderen Fälle sind solche Ausnahmen, dass die Fabrikation des dazu erforderlichen Materials eine besondere technische oder ökonomische Wichtigkeit nur dann hat, wenn, wie beim Hartgussmaterial, die hinlänglich festen Sorten des halbirten Eisens aus irgend welchen Gründen selten geworden sind.

Diese Gründe machen es für den Giessereieisen-Producenten wichtig, nur jene Sorte, die allen verbreiteten Anwendungen dient, herzustellen und auf den Markt zu bringen.

Es ist dies durchschnittlich die in den Classificationen des grauen Roheisens mit No. III bezeichnete Sorte, welche aber bei gut geführten Hochöfen hie und da mit No. I abwechselt, ohne dass man auf die Aussortirung von No. II erhebliches Gewicht legte.

Es ist schon früher mitgetheilt worden, dass eine derartige Produktion von No. I der absichtlichen Produktion ökonomisch vorgezogen werden müsse, während die bei der absichtlichen Produktion von No. I ebenso wie bei allen Hochofenprocessen jeweilig eintretenden Schwankungen im Gange, nicht wohl etwas anderes als eine geringere Nummer hervorbringen könnten, welche genau dieselben Gestehungskosten wie die beabsichtigte No. I habe, ohne aber zum selben Preis verkäuflich zu sein.

In Europa concurriren neuerdings mit den berühmten schottischen und englischen Sorten auch verschiedene continentale Marken, die es bis zu einer gleichgrossen Gebrauchs-Bequemlichkeit gebracht haben. Da die frühere Charakteristik des grauen Roheisens dadurch ergänzt wird, soll im Folgenden eine Reihe von Erfahrungen mit einzelnen dieser Marken mitgetheilt werden.

Ausser den Schriften des Verfassers: „Constitutionslehre des Roheisens“ und „Eisengiessereibetrieb“ sind besonders die „Vergleichenden Untersuchungen etc.“ von Wachler und die Brochure über das „Roheisen und seine Verwendung“ von Ledebur nachzusehen.

§ 55. Deutschland hat schon früher graues Roheisen zur Gusswaaren-Darstellung in seinen Hochöfen producirt und besonders sind es einzelne Bezirke, z. B. Oberschlesien gewesen, welche durch die Natur ihrer Erze darauf zuerst geführt worden sind.

Dieses gare graue Roheisen vertrug eine Umschmelzung sehr gut und gab in nicht zu dünnen Stücken einen feinkörnigen dichten Guss von grosser Haltbarkeit und oft bedeutender Härte. In dünneren

Theilen, z. B. zu Poterie gegossen, schreckte das Roheisen leicht ab und erhielt dann auch härtere Oberflächen. Dennoch war das Fabrikat immer noch sehr fest und haltbar, vertrug die mit wiederholten Temperatur-Veränderungen verbundenen Manipulationen des Emaillirens sehr gut und hielt auch beim späteren Gebrauch der dargestellten Geräthe weit besser, als sonst das Poterie- und Ofenmaterial zu halten pflegt.

Herdgussplatten, daraus hergestellt, waren stets gerade, liessen sich auch im glühenden Zustand zurecht schlagen oder durch Pressen strecken und wurden bis zu bedeutender Grösse fabricirt, vorwiegend zum Bau von Kochherden und grösseren Oefen. Aller Lehm- und Masseguss, auch der Maschinenguss gerieth aus diesem Eisen noch besser als die schwächeren Gusswaaren, weil eben wegen der Härte des Eisens eine gewisse Neigung zum Abschrecken vorhanden war, die oft zu harten Oberflächen sowie zu Spannungen Veranlassung gab.

Einen Vorwurf, den man diesem Eisen wohl machen konnte, war seine Strengflüssigkeit; dieselbe fiel besonders in den oberschlesischen Giessereien sehr auf, weil man dort keine sehr schwere Cokes zur Verfügung hatte und noch hat. Dann zeigte sich bei nur irgend mangelnder Sorgfalt für die Vorbereitung der Formmaterialien sofort die Neigung zum Anbrennen der Sande etc. an das Eisen und selbst beim Lehm- und Masseguss pflasterte die Schwärze in der Hitze des Gusses leicht ab. Bei dem schwachwandigen Guss wurde mit fast weissglühendem Material gearbeitet, um eine hinlängliche Dünnflüssigkeit zu erzielen und um die Formen sicher zu füllen.

Der Grund dieser Strengflüssigkeit und überhaupt dieses Verhaltens ist in der grossen Reinheit des oberschlesischen Eisens zu suchen, welches ausser einer gewissen Siliciummenge nicht sehr viel fremde Bestandtheile enthielt und nur aus dem Flusskalk etwas Phosphor, aus den Cokes selten ein wenig Schwefel entnahm. Nachdem man zur Verwendung von Schweiss- und Puddelschlacken übergegangen war, änderte sich die Qualität und das Roheisen wurde silicium- und phosphorreicher, leichtflüssiger, behielt aber die Härte der Oberfläche und eine gewisse Rauhigkeit, welche sich aber auch aus einer nicht genügenden Vorbereitung des Formmaterials theilweise erklären liess.

Andere Hüttenwerke des Bezirks, z. B. Hubertushütte, welche lediglich reine weichere Brauneisensteine mit wenig Thoneisensteinen gattirt, verschmolzen, erzielten schon vor 20 Jahren ein Roheisen, welches sich den besseren schottischen Marken im Bezug auf Bequemlichkeit der Verarbeitung vollkommen zur Seite stellen, dabei aber die schottischen Eisensorten in Bezug auf Festigkeit weit hinter sich liess.

Es ist somit lange vor den von R. Wachler geleiteten Qualitätsuntersuchungen ein deutsches Giessereiroheisen vorhanden gewesen, von gleicher Bequemlichkeit, aber grösserer Festigkeit als das Schottische.*)

§ 56. Während im Osten Deutschlands und in Oberschlesien die Erzeugung eines zu den meisten Zwecken geeigneten Giessereiroheisens schon vor langer Zeit eine unbestreitbare Thatsache war, producirte der Westen ein derartiges Eisen nur ausnahmsweise und dann vorwiegend mittelst Holzkohlenhochöfen. Dabei fällt aber eine Specialität, welche besonders besprochen werden muss, da sie auch heute noch für manche Zwecke unentbehrlich ist.

Sonst war im Westen lange Zeit das Roheisen von Mülheim a. d. Ruhr das einzige mit mineralischen Brennstoffen erblasene Giessereimaterial; später kamen wenige andere Werke hinzu, die in der Lage waren, ihre Holzkohlenhochöfen zur direkten Gusswaarenerzeugung zu vergrössern und sie z. Th. nach und nach in Cokeshochöfen zu verwandeln. Das damalige graue Hochofenprodukt ist ebenfalls ein mehr fein- als grobkörniges, leichter abschreckendes Eisen gewesen und eignete sich mehr zum direkten Guss als zum Umschmelzen.

Später waren es besonders einzelne Blackband verarbeitende Werke, welche graues, zum Giessereibetrieb geeignetes Eisen fabricirten, das sich rasch einen weiten Ruf verschaffte. So wurde schon vor 20 Jahren das Roheisen von Kupferdreh (der Gesellschaft Phoenix gehörig) in Mittel- und Ostdeutschland sehr gesucht, um besondere Specialitäten des Giessereibetriebes zu fabriciren. Auch Hörde, namentlich aber Henrichshütte concurrirten mit Kupferdreh, wiewohl das betreffende Produkt weniger auf den Markt kam, sondern grösstentheils zum eigenen Bedarf verwerthet wurde. Daneben erschien zuweilen als sehr geschätzte Marke das Giessereiroheisen der Niederrheinischen Hütte, unter starker Benutzung von nassauischen Rotheisensteinen erblasen, wozu sich, wie früher im II. Band erwähnt, auch andere Erze gesellten. Dieses Eisen behauptet auch heute noch den ersten Rang wegen seiner Reinheit und Festigkeit und hat auch bei den erwähnten, von Wachler geleiteten, Qualitäts-Untersuchungen neben wenigen anderen sehr gute Resultate bezüglich der Festigkeit und Dichtigkeit gegeben.

Eine der englischen (Clevelander) nachgebildete, speciell auf massenhafte Produktion grobkörnigsten Giessereiroheisens gerichtete Fabrikation, wurde zuerst von der Friedrich Wilhelmshütte

*) Interessant ist es, dass Wachler als damaliger Materialverwalter von Gleiwitzer Hütte, jenes gute Eisen anzukaufen und zu verrechnen gehabt hat.

bei Mülheim a. d. Ruhr begonnen und unter mannigfachen Hindernissen, worunter sehr viele rein ökonomischer und commercieller Natur, mit wachsendem Erfolg durchgeführt. Ebenso haben auch andere Werke Westdeutschlands die Production von Giessereiroheisen eingeführt und im Inlande Absatz erzielt, soweit die höheren Selbstkosten mit den durch das Ausland z. Th. mitbestimmten niedrigeren Marktpreisen in Einklang zu bringen sind.

Diese deutschen Bestrebungen haben vielfach mit theils begründeter, theils unbegründeter Vorliebe der Giesser für das englische bezw. schottische Roheisen zu kämpfen gehabt und aus dieser Sachlage sind denn auch die schon mehrfach erwähnten Qualitäts-Untersuchungen hervorgegangen, welche einen authentischen, behördlich documentirten Vergleich in- und ausländischer Giessereiroheisensorten bezweckten und auch durchführten.

§ 57. Ohne auf das Detail der Untersuchungen selbst einzugehen, mag hier angeführt werden, dass die untersuchten deutschen Giessereiroheisensorten wesentlich nach zwei Seiten hin verschiedenes Verhalten zeigten, einmal in Bezug auf die Festigkeit, dann in Bezug auf Bequemlichkeit in der Verarbeitung, wobei die aus reinen Erzgemischen erblasenen, dem Bessemereisen ähnlichen, doch mit basischer Schlacke dargestellten Marken die grössere Festigkeit, die anderen etwas unreinen aber grobkörnigeren Sorten die grössere Bequemlichkeit in der Verarbeitung erkennen liessen.

Es zeigte sich, dass ein aus dem Möller, wie ihn u. A. die Friedrich Wilhelmshütte benutzte, dargestelltes grobkörniges graues Roheisen, bei hohem Kalksatz gefallen, sich gut und bequem umschmelzen und zu allen currenten, in der Qualität nicht gerade hervorragenden Gusswaaren verbrauchen lässt. Es wird beim Umschmelzen nicht weiss oder hart, füllt die Form gut aus, saugt nicht sehr und lässt sich gut bearbeiten. Für gewöhnliche Zwecke, z. B. für Rohre, Bauguss etc., deren Beanspruchung keine ausserordentliche ist, reicht es vollkommen aus, muss aber mittelst guter Cokes eingeschmolzen werden, falls das Korn einmal etwas feiner ausgefallen war. Bei zunehmendem Phosphor- und abnehmendem Kieselgehalt wird ein solches Roheisen etwas dünnflüssiger, erstarrt rasch und glattflächig, sodass die Gusswaaren ein oft sehr bestechendes Aeussere haben. Leider kommt es dabei aber auch vor, dass derartige Gusswaaren nachherige Erhitzungen nicht vertragen können und als Ofenplatten u. dergl. dauerndem Verziehen ausgesetzt sind. Auch nimmt dann die Festigkeit an sich sehr ab und der Kreis der möglichen und anzurathenden Anwendungen wird viel kleiner als bei dem gewöhnlichen Giessereiroheisen. Das Springen des Roheisens bezw. der Abgüsse stellt sich dann auch eher ein und es ist ein recht grobes Korn von dunkler Farbe unbedingt auszusuchen, wenn man ein solches phosphorhaltiges Eisen überhaupt benutzen will. Das Umschmelzen ist dann eben auch möglichst heiss zu betreiben und jede Veranlassung zur weiteren Härtung dadurch abzuschneiden. Möglichst heiss heisst hier gleichzeitig möglichst rasch, um jede unnütze Verbrennung des Graphits zu verhindern und damit jedes Härter- und Spröderwerden des Eisens. Bei solchen an sich nicht sehr bedeutend festen Roheisensorten trägt ein gewisser Graphitgehalt zur Festigkeitssteigerung durch Verfilzung der Metalltextur bei; diese Steigerung kann natürlich nicht weiter gehen, als bis zur inneren Adhäsion der Graphitblättchen. Wenn die Spannungen des Metalls diese Adhäsion der einzelnen Lamellen aneinander aufzuheben vermögen, so hilft eine Zunahme des Graphitgehaltes nicht wesentlich die Festigkeit zu steigern.

Das im Vorstehenden geschilderte gewöhnliche deutsche Giessereiroheisen concurrirt mit dem englischen sowie mit den anderen Giessereiroheisensorten in der Qualität ganz gut; dass es das schottische Eisen noch nicht ganz aus dem Feld geschlagen, beruht auf enorm günstigen Verhältnissen in Schottland, die anderwärts sich nicht nachconstruiren lassen.

§ 58. Die reineren Giessereiroheisensorten Deutschlands haben eine höhere Festigkeit, oft auch eine etwas grössere Härte, ein feinkörnigeres Gefüge und eignen sich desshalb, sowohl allein als in Mischungen mit eigenem Bruch und mit Alteisen zur Herstellung von Maschinen- und allen Arten festeren Gusses. Wegen ihrer grösseren Strengflüssigkeit sind sie nicht so bequem zu verarbeiten als die weniger reinen und weniger festen Roheisensorten. Alle älteren und die meisten Holzkohlen-Eisenarten gehören in diese Klasse von Materialien, wozu sich noch fast alle Bessemer-Roheisensorten gesellen. Sie sind gewöhnlich bei sehr heissem Gang des Ofens erblasen und verlangen auch eine hohe Umschmelztemperatur; besonders gilt dies von den feinkörnigeren Abarten, welche bei länger dauernder Schmelzung oder auch bei ungenügender Schmelzhitze ihre graue Farbe leicht einbüssen und durch Verlust von Graphit härter und hellfarbiger werden.

Das Material sehr vieler Gusswaarenklassen muss diese Roheisensorte mindestens bis zu einem gewissen Procentsatz enthalten und besonders sind es gerade Artikel des eigenen Bedarfs der Eisenhüttenwerke, die die Anwendung eines derartigen Materials erfordern. Wo ein zähes dichtes Eisen erforderlich ist, ein Eisen, welches gleicher Weise der Wärme und den Spannungen zu widerstehen hat, wie bei Röhren für Winderhitzer (Bd. I., S. 332, § 785), bei Coquillen für Hartguss, Ingot- und Blockformen für Flusseisen, bei Walzen aller Art für Stabeisen und Stahl etc., wird man ein mittelkörniges dichtes und zähes Eisen nicht entbehren können.

Dasselbe wird gewöhnlich nicht allein, sondern in geeigneter Mischung mit altem Bruch von guter Qualität und mit anderem Gusseisen von der bequemeren Sorte zu mischen sein; selten wird man mehr als ein Drittel des ganzen Satzes aus dem reinen besseren Roheisen zusammenstellen, oft kaum ein Viertel desselben.

Die Zusammensetzung des Satzes richtet sich hier, wie in vielen Fällen auch noch nach den Dimensionen und Massen der darzustellenden Gussstücke und je nachdem dieselben sind, kann der Satz härter oder weicher zusammengestellt, also auch aus verschiedenen Sorten veränderlich gemacht werden.

Das Holzkohlenroheisen ist unter den reineren grauen Sorten das reinste, verschwindet aber immer mehr vom Markte und wird in Deutschland nur noch an wenig Stellen producirt. An seine Stelle tritt besonders im Westen und Nordwesten das bessere Cokesroheisen von grauer Farbe, wie es die rheinischen Werke erblasen. Die von Wachler geleiteten Versuche haben ja die grosse Festigkeit dieser Sorten und der daraus dargestellten Gemische mit hinlänglicher Gewissheit ergeben, so dass die allermeisten Aufgaben sich ohne Holzkohleneisen lösen lassen. Es bleiben kaum noch die besondern Aufgaben des Hartgusses, des schmiedbaren Gusses, gewisser Feingüsse übrig, welche noch specielle Materialien in Anspruch nehmen.

Wegen ihrer Strengflüssigkeit und wegen des grösseren Cokesverbrauchs schränkt man den Gebrauch solcher schwer zu erlangenden Sorten ohnehin sehr ein.

§ 59. Was die ausländischen Giessereiroheisensorten anbetrifft, so stehen unter denselben die britischen oben an. Die besseren darunter für fast alle Fälle der Verwendung sind die schottischen Roheisensorten; sie existiren in wesentlich zweierlei Gattungen: als bestimmte, genau benannte Marken und als gemischte Marken (mixed numbers). Im letzteren Fall haben sie einen schwankenden Charakter und bestehen vorwiegend aus No. III, welcher Nummer nur zufällig eine sehr geringe Menge No. I beigemengt sein dürfte. Dann bieten auch die dabei von verschiedenen Hütten zusammenkommenden Absticke desshalb schon viel Unterschiede, weil sie mit sehr verschiedener Sorgfalt abgestochen und beim Abguss behandelt worden sind. Manche sind durch Sand und andere Anhängsel sehr verunreinigt, Andere weniger. Die besten Marken der genau benannten Sorten sind Gartsherrie, Langloan und Coltness. Die beiden ersten gehören zu den normalen, sehr bequem zu verarbeitenden Giessereiroheisensorten von einer mässigen, für die meisten Fälle aber ausreichenden Festigkeit, während Coltness ein etwas festeres Eisen darstellt, das auch einige der unangenehmen Eigenschaften des festeren Eisens, z. B. das Saugen, besitzt und desshalb bei der Verwendung Vorsicht erfordert. Die ersterwähnten Arten vertragen auch ein wiederholtes, sogar häufigeres Umschmelzen, ohne den Charakter des grauen Roheisens zu verlieren, während dies Coltnessroheisen, wenigstens früher, leichter halbirt und selbst weiss wurde.

Die meisten Giessereiarbeiten lassen sich indess auch mit den schottischen Roheisensorten anderer Firmen und mit den gemischten Nummern ausführen, sobald nur die Umschmelzung etwas heisser vor sich geht und man nicht zu sehr am Brennstoff spart, sondern mit den bestmöglichen Cokes arbeitet.

Die englischen Giessereiroheisenarten, welche in dem Grosshandel auftreten, beschränken sich meist auf den Bezirk von Cleveland, North Yorkshire (vergl. Bd. I., S. 134, u. Bd. II., S. 294). Die ersten von da exportirten Roheisenmengen kamen schon vor 25 Jahren nach Deutschland und zeichneten sich durch ihre hellere Farbe und ihr glänzendes Korn aus. Sie liessen sich leicht umschmelzen, erstarrten rasch ohne sich zu werfen und zu verziehen, wurden aber bei Wiederholung des Umschmelzprocesses leicht hart und spröde. Ihre Festigkeit war an sich schon nicht sehr bedeutend, so dass sie anfänglich nur sehr beschränkte Anwendung fanden und erst, nachdem die Fabrikation dieses Roheisens in andere Bahnen geleitet worden und mit sehr heissem Wind, besten Cokes und hohem Kalksatz geschah, näherte sich seine Qualität der des schottischen Roheisens und vermochte ihm eine wirkliche Concurrenz zu bereiten. Heutzutage spielt dieses Clevelandeisen eine grosse Rolle unter den britischen, für das europäische und selbst amerikanische Eisengiessereigewerbe wichtigen Sorten, zumal sein Preis ein niedriger ist und ein enormes Quantum producirt wird. Wie schon erwähnt, werden auch Cumberländische und Lancashirer Roheisensorten, aber als besonders feste und starke Materialien gebraucht, ebenso hat man auch vereinzelt andere englische Roheisensorten verwendet, doch nur in geringem Maasse. Die englischen Colonien haben kein Giessereiroheisen auf den Markt gebracht, das bis Europa gekommen und desshalb Fuss gefasst hätte. Ein ostindisches Roheisen wurde 1859 in Berlin zum Hartguss versuchsweise verwendet.

§ 60. Ausser den genannten, den gewöhnlichen, sowie auch den etwas höher gesteckten Zielen der Giesserei entsprechenden ausländischen Roheisensorten, ist eine Reihe anderer zu nennen, welche als vorzügliche Materialien für einzelne Zwecke gedient haben und noch dienen.

Weit stärker, d. h. haltbarer, als das Cumberländer Eisen und die diesen entsprechenden festen Sorten Deutschlands sind einzelne, aus sehr reinen und reichen Erzen hergestellte graue und körnige Roheisensorten, aus denen früher Geschütze gegossen wurden und z. Th. noch jetzt gemacht werden.

Die bekannteste Eisensorte dieser Art war das Material der älteren schwedischen Kanonen, welche jahrelang auf den Eisenmärkten als altes Gusseisen auftraten und sehr gesucht waren. Doch auch jetzt bringt Schweden ein ähnliches Material auf den Markt, indem es einzelne seiner Erze in guter Mischung bei Holzkohlen auf graues Eisen verschmilzt und das dargestellte Produkt als Kanoneneisen anbietet. Besonders ist es die Domaine Finspong und einige wenige andere Verwaltungen, die im Besitz der geeigneten Materialien sich befinden und diese hochqualificirten Eisensorten darzustellen vermögen. Aber auch die minder reinen schwedischen Marken sind, sobald sie nur gleichmässig grau gefallen sind, wenn auch nicht für Kanonen, so doch für andere feste Güsse ganz gut verwerthbar. Noch festere und zähere Eisensorten vermag Norwegen aus den auserlesenen Arendaler Magneteisensteinen zu erblasen, wie dies die Produkte der Firma Jacob Aal wiederholt bewiesen haben. Leider sind diese skandinavischen Roheisen durch Preis und Transport zu theuer für den etwaigen deutschen Bedarf.

An ihrer Stelle wird in Westdeutschland ein spanisches Roheisen, das sogenannte Mudelaeisen viel verwendet, über dessen Constitution A. Ledebur interessante Untersuchungen publicirt hat. Es wird dasselbe von den niederrheinischen Werken sehr viel gebraucht, um sehr feste Gusswaaren aller Art herzustellen.

Eine analoge Eisensorte lieferte früher die Saynerhütte in dem jetzt nicht mehr existirenden Kanonengusseisen. Mariazell in Steyermark erbläst dagegen immer noch aus gerösteten Späthen und Rohwänden etc. ein dichthakiges sehr festes graues Roheisen, welches man den besten schwedischen Roheisensorten wohl an die Seite stellen kann. Dasselbe gilt von einigen anderen oberösterreichischen und steyerischen sowie von mehreren kärnthner und krainer Hochofenwerken.

Ungarn hatte früher auch stellenweise recht gute feste graue Roheisensorten auf den Markt gebracht, welche an vielen Stellen verarbeitet, gute Resultate gaben. Die Ganz'sche Hartgussräderfabrikation in Pesth beweist sicher die Güte des Materials; nur über die Ungleichheiten der Kohlung wurde geklagt und über die Neigung, stark zu saugen. Solche vereinzelte Klagen haben aber den Ruf dieses Eisens, namentlich innerhalb Oesterreichs nicht verderben können.

§ 61. Zum Umschmelzen des Roheisens bedient man sich vorwiegend der Cupolöfen, welche zu den niedrigeren Gebläseschachtöfen zu rechnen sind. Man kann dieselben in sehr verschiedener Grösse und Leistungsfähigkeit construiren und betreiben und sie lassen sich durch Anbringen bestimmter kleiner Modifikationen in Profilirung und Windführung auch für delicatere Aufgaben des Giessereiprocesses, z. B. für den Hartguss, für den schmiedbaren Guss etc., verwenden. Es hat wohl das Umschmelzen des Roheisens, wie das Schmelzen jedes anderen Giessmaterials möglichst so zu geschehen, dass die technisch werthvollen Eigenschaften des Giessmaterials nicht oder nur wenig verändert werden, man kann aber eine solche Veränderung niemals ganz vermeiden, nur einschränken, weil die den Schmelzofen füllenden Feuergase das in Gluth befindliche geschmolzene Metall hier beeinflussen. Da die Wahl des Umschmelzapparates für die gewöhnlichen Fälle wohl in erster Linie durch ökonomische Rücksichten bedingt wird und von allen in Betracht kommenden Oefen die Cupolöfen den geringsten Brennstoffaufwand zeigen, so ist ihre Bevorzugung in der Praxis durchaus Nichts wunderbares. Selbst in ganz grossen Ateliers spielen sie die Hauptrolle und die sonst wohl noch vorhandenen Umschmelzöfen anderer Klassen kommen nur ausnahmsweise zur Verwendung.

Der Betrieb ist einfach, das in gleichmässige Stücke zerschlagene Roheisen wird wie beim Hochofenbetrieb der Möller, abwechselnd mit Cokes aufgegeben und eingeschmolzen. Zur Verschlackung des dem Roheisen meist anhaftenden Sandes, des Cokesaschengehaltes und anderer Unreinigkeiten des Rohmaterials wird auch eine geringe Menge Kalk zugeschlagen, ohne dass indess darin eine bestimmte Vorsicht beobachtet würde. Gewöhnlich liegt es ganz in der Hand des Schmelzers, den Zuschlag höher oder niedriger zu nehmen und dadurch auch die Eisenverschlackung sowie die Corrosion des Schachtmaterials eventuell zu steigern. Im Gegensatz zu der Roheisenmenge einer Campagne ist allerdings die Menge der producirten Schlacke höchst geringfügig, repräsentirt aber bei manchen Oefen oftmals einen bemerkenswerthen Antheil am Schmelzprocess.

Die verwendeten Brennstoffe sind Cokes; früher hat man auch Holzkohlen verwendet, doch waren schon vor 30 Jahren die betreffenden Fälle ausserordentlich selten. Die Qualität des Brennstoffs anlangend, so sind die besten Cokes gerade gut genug und es ist eine ganz falsche aber ziemlich verbreitete Ansicht, dass zum Cupolofenbetrieb schlechtere, mürbere oder unreinere Cokes vollkommen die Dienste reinerer und härterer Cokes leisteten. Das ist in sehr vielen Fällen als unwahr bewiesen worden, selbst da, wo am Ort erzeugte Cokes durch von fernher transportirte ersetzt werden sollten. Wo die Cokes überhaupt gefahren werden müssen, wird es sich kaum lohnen, eine geringe Kaufpreisdifferenz in Anschlag zu bringen, da die Fracht die gleiche, die Leistung der schlechteren Brennstoffe aber eine geringere, der Aufwand davon mithin ein grösserer ist, bezogen auf die gleiche Durchsatzmenge Eisen.

§ 62. Aus einem solchen Ofen können, was für den Betrieb sehr wichtig ist, kleinere und grössere Quantitäten Roheisen abwechselnd und nacheinander abgestochen werden. Einzelne Oefen,

welche für eine grosse Anzahl Arbeiten in geräumigeren Ateliers gehen, arbeiten mit längeren Campagnen bei engeren Dimensionen und geringerer Zeitleistung. Andere stärker dimensionirte Oefen, die in kurzer Zeit viel zu schmelzen vermögen, arbeiten in kurzen Campagnen und oft nicht alle Tage.

Demnach kommt es bei dem Betrieb der Cupolöfen auf ganz andere Verhältnisse an als bei dem der Hochöfen, die Ungleichheit der Dimensionen vorläufig ganz ausser Acht gelassen. Bei den Cupolöfen muss der Betrieb sich dem Bedarf eines anderen Betriebes anpassen und desshalb eine gewisse Elasticität haben.

Man hat sich desswegen fortdauernd bemüht, die Inbetriebsetzung der Oefen zu verbessern und rascher zu gestalten. Während man früher den Ofen vollständig mit Brennstoff anfüllte, dann anzündete und erst das Eisen aufsetzte, wenn die Säule etwas heruntergegangen war, füllt man jetzt nur wenig mehr als das untere Dritttheil des Innenschachts an und setzt darauf gleich Kalk und Roheisen, zuerst etwa die Hälfte der sonstigen vollen Gicht, später die volle Gicht.

Um die Materialien auf die Gicht zu schaffen bedient man sich bei den neueren Cupolöfen allgemein der Aufzüge und geräumiger Gichtbühnen. Die Hubhöhe der ersteren beträgt, unter Einrechnung einer Sockelhöhe von 1 m, wenigstens 5 m, oft noch mehr und bei grossem, angestrengten Betrieb lässt sich anders als durch einen Aufzug, Schmelz- und Brennmaterial nicht befördern. Ist der Betrieb weniger stark oder sind die zu bedienenden Oefen klein, so kann man auch mit einer Treppe nach der Bühne hinauf oder mit einer schiefen Ebene auskommen, welche das Hinauffahren von Eisen und Cokes gestattet.

Das Zerschlagen des Eisens und Kalkes geschieht meist von Hand, nur wenn alter schwerer Bruch verschmolzen werden soll, muss das Eisen mit der Rammkugel zerschlagen werden. Eine etwas kostspieligere Zerkleinerung schweren Bruches ist das Zerdrücken mittelst hydraulischer Pressen, deren Kolben horizontal sich bewegen und einen Brechbacken tragen, der das aufgehängte oder aufgestellte Eisenstück gegen eine, mit dem Cylinderrand durch starke Zugstangen verbundene Wand drückt. Solche Pressen rentiren sich bei sehr häufigem Gebrauch und ganz ungewöhnlichen Dimensionen des Materials, z. B. in der Gruson'schen Hartgussfabrik zu Buckau-Magdeburg, für das Zerdrücken der gebrauchten Panzercoquillen und etwaigen schweren Ausschusses.

Was den Brennstoff anlangt, so wird derselbe ebensowenig besonders zerschlagen als beim Hochofen; während des Niederganges zertrümmern sich die grösseren Stücke doch und es gleichen sich dadurch die Dicken derselben aus. Beim Ausblasen des Ofens arbeitet man die am Schluss etwas im Ueberschuss zugesetzten und desshalb übrigbleibenden Cokes heraus und setzt sie bei der nächsten Campagne als Füllcokes zu.

§ 63. Der Betrieb des Cupolofens verläuft, wie schon vorhin angedeutet, ziemlich gleichmässig, sodass das Eisen abgestochen wird, sobald das Ofengestell damit angefüllt und Gelegenheit zur Verwendung des Eisenquantums da ist. Man lässt den Strahl laufen und füllt damit nach einander die verschiedenen Gussgefässe, grosse und kleine. Bei allen Abgüssen, welche schwerer sind als der Inhalt des Ofengestells, muss zunächst eine hinreichende Portion in das Giessgefäss gelassen werden, um nicht zu rasch zu erstarren, dann muss aber aus dem möglichst stark getriebenen Ofen rasch nachgeschmolzen werden. Bei sehr grossem Unterschied zwischen der Schwere des Gestellinhaltes und der Schwere des auszuführenden Gusses muss natürlich zu mehreren Oefen gleichzeitig gegriffen werden. Gewöhnlich betreibt man in Giessereien von umfassender Thätigkeit mehrere Grössen von Cupolöfen, je nach Bedarf einzeln oder gemeinschaftlich.

Ein jeder Ofen lässt sich schlecht bis über eine gewisse Grenze hinaus treiben, wiewohl diese Grenze sehr weit gesteckt werden kann, wenn man dem Ofen einen grossen Schachtquerschnitt gibt. Ebenso ist es unvortheilhaft, einen leistungsfähigen Ofen auf zu geringe Produktionen zu treiben. Man muss eben durch stete Controle des Cokesverbrauchs das richtige Verhältniss zwischen Querschnitt und Produktion feststellen. Ob bei dem Cupolofen die Niedergangsgeschwindigkeit der Gichten beliebig veränderlich ist, hängt wohl mehr von Nebensachen ab als von bestimmten technischen Sätzen. Es kommt nur darauf an, dass die aufsteigenden Ofengase Zeit haben, ihre Wärme möglichst vollständig an die niedersinkende Beschickung abzugeben. Gebläse, Aufgichtungsräume und schliesslich auch der Betriebsumfang selber beeinflussen noch mehr die Frage der Produktion. Vergleicht man z. B. den Betrieb der Cupolöfen bei den Stahlwerken, wo riesige Mengen in kürzester Frist eingeschmolzen werden müssen, mit dem lebhaftesten Betrieb der gleichen Oefen in den Eisengiessereien, so wird man leicht den Einfluss jener Verhältnisse erkennen.

Das Heruntersinken der Gichten geschieht nach Maassgabe der Cokesverbrennung und diese letztere ist wieder eine Folge der veränderlichen Windzuführung. Zur beliebigen Steigerung der Schmelzgeschwindigkeit bedarf man also auch sehr starker, d. h. geräumiger Gebläse und muss dieselben stark treiben können. Weiter ist bei einer solchen Steigerung ein sehr beschleunigtes Aufgeben der Gichten erforderlich und es müssen desshalb die Gichtebenen der Oefen hinlänglich geräumig sein, um eine möglichst freie Bewegung der Arbeiter zu verstatten.

Nur bei neueren Eisengiessereianlagen ist in letzterer Hinsicht genügend gesorgt, wogegen ältere Anlagen meist räumlich beschränkte Gichtebenen und häufig gar keine Aufzugsvorrichtungen besitzen. Es waren dieselben meist auf Voraussetzung constanter Betriebsverhältnisse gegründet, die nicht zutreffend mehr ist.

Die Steigerung der Schmelzleistung hat übrigens die Cupolöfen noch weit brauchbarer gemacht, insofern die Brennstoffziffer erheblich herunter gedrückt worden ist, und dadurch die anderen Umschmelzapparate noch mehr in den Hintergrund geschoben wurden, wenn sie auch eine Bequemlichkeit vor den Cupolöfen voraushaben, das Nichtbedürfen einer Gebläseanlage. Indess hat man auch bei den Cupolöfen wiederholt und ganz in neuester Zeit wieder den Versuch gemacht, ohne Gebläse auszukommen.

§ 64. Die Anwendung der Flammöfen und der Tiegelöfen beschränkt sich in Folge ihres starken Brennstoffverbrauchs, auf nur wenige Fälle; der kleinere Giesser betreibt höchstens die Letzteren zur Herstellung von sehr feiner Waare. Die Schmelzung in diesen beiden Sorten Oefen unterscheidet sich zunächst dadurch von der Schmelzung in Schachtöfen, dass sie eine discontinuirliche, portionenweise ist. Es wird eine Partie Eisen in den Tiegel oder auf den Herd des Flammofens gethan und eingeschmolzen, nach dem Schmelzen vergossen, um dann wiederum so zu verfahren. Eine Gleichzeitigkeit aller Funktionen, des Vorwärmens, des Schmelzens, des Giessens findet nicht statt und desshalb schon ist der Betrieb wärmefressender als der Betrieb der Schachtöfen und weniger vortheilhaft.

Die einfachsten Apparate sind allerdings die Tiegelöfen und ihr Betrieb auch der einfachste. Man setzt zerschlagenes Roheisen in einen gut untersuchten, womöglich vorgeglühten Tiegel und stellt denselben auf den Rost eines Wind- oder Zugofens, etwas erhöht durch einen scheibenförmigen Untersatz von der Grösse der Unterfläche des Tiegels. Man umgibt den Tiegel nunmehr mit Brennstoff, zündet Feuer an und unterhält dasselbe so lange, bis das Eisen geschmolzen ist, was man durch Lüften des Deckels und Untersuchen mit einer Eisenstange rasch zu erkennen vermag.

Wenn wiederholt oder möglichst nach einander im Tiegel geschmolzen werden soll, so setzt man einen oder mehrere leere Tiegel in den Ofenschacht, deckt sie zu und befeuert sie bis zur völligen Gluth, untersucht sie dann auf ihre Beschaffenheit (ob sie noch ganz sind oder nicht), besetzt sie vorsichtig mit dem etwas vorgewärmten Eisen, fügt etwas Schlacke hinzu und bedeckt den Tiegel wieder, indem man auch neues Brennmaterial auf das Feuer schüttet. Die Ladung schmilzt nunmehr ziemlich gut ein, braucht aber doch etliche Stunden, um den Hitzegrad zu erhalten, den man zum Giessen haben muss. Man hebt den Tiegel aus, stellt ihn in eine Giessgabel und giesst direkt aus, nachdem man den Deckel herabgenommen. Dieses an sich einfache Verfahren, welches nicht nur bei der ganzen Metallgiesserei im Kleinen, sondern auch immer noch bei der stellenweise im grössesten Maassstabe umgehenden Gussstahlschmelzerei Anwendung findet, ist durch Einführung der Siemens'schen Gasfeuerung im Brennstoffconsum ganz erheblich verbessert worden. Derselbe ist dadurch fast um die Hälfte ermässigt worden und die Arbeit in der reinen Gasflamme eine bessere und leicht controlirbare. Nichtsdestoweniger findet man, der geringen Anlagekosten wegen, die einfachen Windöfen noch sehr stark vertreten und in sehr wechselnder Abmessung, um Tiegel sowohl in kleiner als auch in sehr grosser Dimension aufnehmen zu können.

Der schmiedbare Guss und manche Kunstgüsse lassen sich, der grossen Empfindlichkeit des Roheisens halber besser aus dem Tiegel herstellen als aus irgend einem Ofen, wo das Material dem Einfluss der Ofengase und der Schlacken, des Aschengehaltes der Brennstoffe etc. etc. ausgesetzt ist. Indessen kann man, wie schon hervorgehoben, diesen Einfluss bestimmen und ein für allemal bei der Wahl des Materials in Rechnung ziehen, um nicht an die Tiegelöfen gebunden zu sein.

§ 65. Im Flammofen können sehr grosse Massen Eisen geschmolzen werden und es ist der Betrieb derselben der ruhigste und bequemste, sobald die Oefen nur eben richtig construirt sind und sobald man einen geeigneten Brennstoff hat. Man schmilzt auch in solchen Oefen seltener continuirlich, d. h. Charge auf Charge, weil zum gewöhnlichen fortlaufenden Betrieb eben die Cupolöfen entschieden vorgezogen werden müssen, da sie billiger arbeiten. Dadurch, dass man gewöhnlich nicht in der Lage ist, mit dem Flammofen fortlaufend zu arbeiten, sondern nur in vereinzelten Schmelzen, stellt das Resultat sich noch viel ungünstiger, als es auch beim Vergleich des fortlaufenden Flammofenbetriebs mit dem fortlaufenden Cupolofenbetrieb sich ergibt. Indess gibt es im Grossbetrieb doch manche Fälle, wo der Flammofen vor dem Schachtofen Vortheil bietet. Handelt es sich um das gelegentliche Verarbeiten groben Brucheisens zur Herstellung schweren Maschinengusses, welcher Weichheit und Zähigkeit vereinigen soll, oder soll schwerer Hartguss gemacht werden, aus grobem Hartwalzenbruch etc., so kann bei hinlänglich billigem Brennstoff der Flammofen Vortheile vor dem Cupolofen haben, besonders wenn nicht genügende Zerkleinerungs-Vorrichtungen vorhanden sind. In allen den Kohlenbezirken, welche Gaskohlen schlechter oder nicht backender Beschaffenheit führen, ist die Brennstoffqualität an sich in den rohen Kohlen wohl immer höher als in den Cokes. Dadurch verringert sich der Unterschied in dem

Brennstoffconsum beider Ofenarten ganz erheblich; die Cokesziffern steigen und die Steinkohlenziffern fallen. Führt man dazu den Flammofenbetrieb auf möglichst grosse Einsätze, so bessert sich das Verhältniss noch mehr, ebenso auch durch entsprechend geschickte Construktion des Ofen- und Herdprofils, wie im folgenden Abschnitt gezeigt werden soll.

Der Flammofen wirkt in ganz anderer Art auf die Eisenbeschaffenheit ein als der Cupolofen. Wie alle mit einem gewissen Luftüberschuss arbeitenden Rostfeuerungen, producirt auch die hier zunächst interessirende Flammofenfeuerung eine Kohlensäureatmosphäre, d. h. es bildet sich bei rechter Ausnutzung der Wärme schon über dem das Eisen enthaltenden Herd eine sauerstoffreiche Atmosphäre aus, welche oxydirend wirkt.

Für die Behandlung im Flammofen ist desshalb immer ein graphitreiches Eisen besser als ein graphitärmeres, denn ein theilweises Frischen durch die Bildung von Eisenoxydation und deren Einwirkung auf das Metallbad ist unausbleiblich. Dagegen bringt das Flammofenschmelzen im grobkörnigen Roheisen eine sehr vortheilhafte Verdichtung und Homogenisirung der Textur hervor, welche diese Umschmelzmethode besonders für schweren Maschinenguss sehr geeignet macht. Aber auch bei anderen Sorten, Hartgusseisen z. B. kann man unter genügender Berücksichtigung der vorher genau untersuchten Einflüsse des Ofens, mit dem Flammofenbetrieb viel ruhiger und exacter arbeiten als mit dem Cupolofen; allerdings muss die calorische Wirkung des Apparates selbst über allen Zweifel erhaben sein. Unerwartete Verzögerungen im Einschmelzen beeinträchtigen naturgemäss die Wirkung, indem sie dieselbe in die Länge ziehen und einzelne Veränderungen erheblich verstärken. Am besten arbeiten die Flammöfen natürlich bei fortdauerndem Betrieb, ein Fall, der in den Eisengiessereien fast nie vorkommt, ebensowenig wie der Betrieb von Gasflammöfen.

§ 66. Die ökonomischen Verhältnisse bei den verschiedenen Ofenarten, in welchen das Roheisenschmelzen betrieben wird, hängen in erster Linie von dem Eisenverlust und von dem Brennstoffverbrauch ab, welchen Kosten sich noch die Löhne, die Unterhaltung und Amortisation der Anlagen etc. zugesellen. In Bezug auf die beiden obengenannten „technischen“ Kostenpunkte bieten die verschiedenen Umschmelzmethoden verschiedene Verhältnisse dar.

Zunächst ist der Eisenverbrauch zu erwähnen, der sehr verschieden ausfällt, bezogen auf die Produktionseinheit Gusswaare.

Der Umschmelzprocess an sich verschlackt stets einen Theil des Metalls und umsomehr, je grösser die Schlackenbildermenge in dem Möller überhaupt ist und je mehr die Art des Umschmelzprocesses die Oxydation begünstigt. Desshalb ist der eigentliche Abbrand beim Tiegelschmelzen fast verschwindend, wird beim Cupolofenbetrieb grösser und steigt auf 3—7 Procent, während der Flammofen kaum unter 9—12 Procent zu arbeiten vermag.

Die Abbrandziffer wird aber noch complicirt durch andere praktische Verhältnisse, z. B. durch einen hohen Procentsatz von Eingüssen und Bruch, welche stets wieder dem Ofenbetrieb zugeführt werden, ferner durch mechanische Verzettelungen und Eisenverluste beim Herumtragen und Ausgiessen kleiner Portionen. Durch solche Einwirkungen steigt der Abbrand z. B. bei Cupolöfen, wo der Umschmelzprocess an sich am wenigsten Veranlassung zu Abbrand gibt, unter Umständen bis 18 und 20 Procent. Am bequemsten für die ganze Betriebsbilanz ist, wenn man dem Betrieb gleich von Anfang an die gekauften oder aus anderen Betrieben herübergenommenen Schmelzmaterialien in grossen Posten überweist und dieses Quantum in Beziehung zur Gusswaarenproduktion bringt. Die Nebenprodukte, Bruch und Eingüsse, überlässt man ganz der Disposition des Betriebes, der sie gar nicht in Rechnung zu bringen braucht.

Der Brennstoffverbrauch ist von viel grösserer ökonomischer Bedeutung als der Eisenverbrauch, obwohl man in neuester Zeit denselben fast auf die gleiche Verhältnissziffer herabgedrückt hat, wie sie sich für den Eisenverbrauch ergibt. Der Tiegelofen erfordert, je nach Betriebsart und nach Grössenverhältniss zwischen Einsatz und Ofen, das enorme Quantum von 80—200 Procent Cokes, der Flammofen braucht zwischen 35 u. 80 Procent Steinkohlen, während der Cupolofen nur $7^1/_2$—20 Procent Cokes in Anspruch nimmt (stets bezogen auf das Einheits-Quantum der producirten Gusswaaren).

Die Verwendung von Holzkohlen verursacht höhere Verbrauchsziffern, wenn nicht eine sehr starke Luftzuführung angeordnet wird, um auch da vorherrschend eine Kohlensäureatmosphäre herzustellen, welche leichter mit Cokes als mit Holzkohlen hervorzubringen ist.

Je energischer ein Ofen betrieben wird, um so mehr sinkt im Allgemeinen der Brennstoffverbrauch, so dass, wie bei allen Oefen, die wachsende Intensität des Betriebs immer vortheilhaft auf den Brennstoffverbrauch einwirkt.

§ 67. Auch der Wärmeaufwand bei dem Umschmelzprocess des Roheisens stellt sich in recht überraschender Weise dar, wenn man die verschiedenen Ofenarten berücksichtigt.

Zunächst ist zu erwähnen, dass in gleicher Weise, wie bei dem Hochofenbetrieb eine vollständige oder möglichst vollständige Statik der Wärmebewegung in den Umschmelzprocessen des Eisengiessereibetriebes nicht ausführbar ist, weil noch sehr wenig Untersuchungen von Cupolofengasen existiren

und weil für die wenigen Untersuchungen genaue Aufzeichnungen der Betriebsverhältnisse und -resultate nicht angegeben wurden.

Der Wärmeaufwand für das Schmelzen von grauem Roheisen wurde in den Berechnungen des II. Bandes auf 300 *c* für einen Theil Bessemereisen, 265 *c* für einen Theil Weisseisen angenommen. (Bei früheren Rechnungen des Verfassers, die Statik der Oefen des Eisengiessereibetriebes betreffend und unternommen, ehe Gruner seine calorimetrischen Messungen angestellt hatte, sind nur 220 *c* als Wärmeinhalt des geschmolzenen Giessereieisens für 1500° angenommene Temperatur in Ansatz gebracht worden: cf. Dürre, Eisengiessereibetrieb II., S. 15 u. ff.) Vernachlässigt man den Wärmeaufwand der Verschlackung als unbedeutend gegenüber dem Wärmeaufwand des Roheisenschmelzens und als verschwindend gegenüber dem totalen Wärmeaufwand, so erhält man durch den Vergleich der den Gesammtverbrauch bei den verschiedenen Ofenarten bezeichnenden Ziffern einen ungefähren Maassstab für den calorischen Werth der einzelnen Apparate.

Gruner hat auch diese Verhältnisse in übersichtlicher und geistreicher Weise untersucht und dargestellt: Annales des Mines 1875, Serie XII, Vol. 8, S. 160. Eine erheblich vervollständigte Wiedergabe dieser Gruner'schen Arbeit hat der Verfasser d. in Dingler's Journal 1876, Bd. 220, S. 247 u. ff. publicirt. Demnach verhält sich die für das Schmelzen des Roheisens an sich beanspruchte Wärmemenge zu der bei dem durchschnittlichen Brennstoffverbrauch entwickelten

bei den Tiegelöfen	wie 14 : 100	unter der Annahme von	CO-Produktion
„ „ Flammöfen	„ 8—13,7 : 100	„ „ „ „	CO^2-Produktion
„ „ Gasöfen	„ 20 : 100	„ „ „ „	„
„ „ Cupolöfen	„ 50—60 : 100	„ „ „ „	CO u. CO^2-Produktion.

Es werden hiernach von der insgesammt producirten Wärmemenge

14/oo	bei den Tiegelöfen
8—13,7/oo	„ „ Flammöfen
20/oo	„ „ Gasöfen
50—60/oo	„ „ Cupolöfen

für den eigentlichen Zweck des Schmelzens verwendet: Gegenüberstellungen, welche keinen Zweifel über die sehr verschiedene ökonomische Brauchbarkeit der verschiedenen Systeme übrig lassen. Man sieht darin den theoretischen Beweis für die bereits früher constatirte Bevorzugung der Cupolöfen.

3. Kapitel.

Vorgänge beim Giessen und Erstarren.

§ 68. Sobald das Eisen in den Oefen geschmolzen ist, wird es herausgelassen und vergossen. Diese Procedur muss insofern in verschiedener Weise ausgeführt werden, als verschiedene Oefen zur Umschmelzung benutzt werden. Der ungestört zu erhaltende Gang einzelner dieser Oefen und die Rücksicht auf die Formen des Gusses lassen sich nicht immer mit gleicher Leichtigkeit verbinden und es werden daher Zwischenarbeiten und Zwischenvorrichtungen nothwendig, die den Begriff des Gusses, des Giessens zusammensetzen.

Aeusserst selten ist das direkte Eingiessen oder Einfliessenlassen des Eisens in die entsprechend bereitete Form: nur bei dem Tiegelofen- und in weiterem Sinne bei dem Flammofenbetrieb kann man von einem direkten Guss reden.

Ueberall sonst und theilweise auch bei den genannten Oefen, bedient man sich eines grösstentheils transportabel eingerichteten Zwischengefässes, einer Giesspfanne einer Giesskelle oder eines besonderen offenen Vorherder, Sammelherdes, Sumpfes.

Diese letztere Art von Zwischengefäss ist stabil, theils einfach für jeden Abstich vor dem Stichloch des betreffenden Ofens im Sand der Giesshüttensohle vorgerichtet, theils complicirter construirt und permanent für regelmässig wiederkehrende Abgüsse, besonders von schweren Sachen vorgesehen, dann gut ausgemauert und ausgeschmiert. Alle Flammöfen haben die erstgenannte, den Hochöfen und ihrem Betrieb abgelauschte und abgesehene Einrichtung, wie die später mitzutheilenden Constructionen zeigen werden. Die zweite Einrichtung, die stabilen Reservoire, sind sowohl für Cupol- wie für Flammöfen bekannt und die neuesten Constructionen der Art finden sich auf der Gruson'schen Hartgiesserei in Buckau-Magdeburg. Es sind dann ausgemauerte, durch Platten abtheilbare lange Gruben, in denen das flüssige Produkt mehrerer Oefen zusammenkommt, um dann erst in die Formen geleitet zu werden.

Die transportablen Zwischengefässe, Giesskessel, Giesspfannen und Giesskellen, sind theils halbkugelförmige, theils eimerartig geformte eiserne, innen dick mit Lehm oder Chamotte verschmierte und verkleidete Gefässe von sehr schwankender Grösse. Von Kesseln, die 5—7 Tonnen fassen, geht

der Inhalt auf 1 — 2 Tonnen herunter, dann kommen noch kleinere, endlich tragbare Pfannen von 50—75—120 Kilo für 3—4 Mann, schliesslich Handpfannen von 25—35 Kilo für einen Mann.

Die vollkommenste Gestalt und Ausrüstung unter allen diesen Geräthen haben die mit hydraulischen Hebevorrichtungen in Verwendung befindlichen Bessemerkrahnpfannen, welche beim Behandeln des Bessemerprocesses noch ausführlich beschrieben werden sollen. Aus den Kesseln erfolgt der Abguss ebenfalls direkt in die zu den Formen führenden Eingusscanäle.

§ 69. Die Erstarrung des Gusseisens in den Formen verläuft selbstverständlich verschieden rasch, je nachdem die Abkühlung erfolgt. Dünnwandige Gussstücke erstarren augenblicklich und dickwandige erst nach und nach. Nach diesem schwankenden Verhältniss richtet sich die grössere und geringere Raschheit des Eingiessens, sowohl bei kleineren wie bei grösseren Güssen. Gemeinschaftliche Regel ist, die Giessgeschwindigkeit von Anfang an gleichmässig zu halten oder sie zu steigern, niemals aber im Verlauf des Gusses dieselbe zu vermindern, ehe die Form nicht ganz angefüllt ist.

Bei dünnen, relativ leichten, rasch erstarrenden Gussstücken ist desshalb auch die Füllung der Form mit so rasch steigender Geschwindigkeit des Eingiessens verbunden als es irgend nur die Grösse des Eingusstrichters erlaubt. Derselbe muss desshalb auch stets angefüllt sein und während des ganzen Gussverlaufs auch voll bleiben. Weil bei den kleineren Gusswaaren die Giessgeschwindigkeit das Maximum erreicht, findet man in diesen Fällen auch die grössten Eingusstrichter erfahrungsgemäss angebracht.

Eine wesentliche Förderung des raschen Anfüllens der Formen liegt in einem entsprechend bequemen Austritt der Luft, welche sie vor dem Guss enthalten. Verschiedentlich ist im Vorstehenden bereits auf diesen Umstand aufmerksam gemacht worden und es erübrigt nur noch festzustellen, dass diese Lüfte besonders bei solchem Formmaterial berücksichtigt werden müssen, was, wie Masse und Lehm, unporös ist.

Bei sehr schwachen Gusswaaren, z. B. bei Poterie und ähnlichem Hohlguss in grünem Sand, arbeitet man mit so porösem Formmaterial, dass ein Entweichen des geringfügigen Luftvolums auch bei fast augenblicklicher Anfüllung der Formen durch den Sand der Formwände des Kerns hindurch möglich ist. In vielen Anstalten ist alsdann der Sand so gemagert, dass nur ein gewisses Quantum Feuchtigkeit ihn zusammenhält und dass schon ein längeres Stehen der Formen der etwaigen Austrocknung wegen gefährlich ist, weil ein nachheriges Waschen auf den Forminnenflächen leicht hervorgerufen werden kann.

Mit der beim Giessen austretenden Luft mischen sich Gase verschiedener Art, welche der Einwirkung der Giesshitze auf die in den Formmaterialien eingeschlossenen organischen Substanzen ihre Entstehung verdanken und brennbar sind. Sie brennen aber erst bei einer gewissen Temperatur und müssen desshalb durch Anhäufen entzündeten Brennstoffs (Stroh, Hobelspäne) an den Austritten der „Lüfte“ in Brand gesteckt werden, sobald ihre Menge und Austrittsgeschwindigkeit so gewachsen sind, dass ein Zurückschlagen und Explodiren „in der Form“ möglich geworden. Die im letzten Fall eintretende Erschütterung wirkt sehr leicht zerstörend auf empfindliche Theile der Forminnenfläche ein und blättert namentlich die harte und spröde Schwärze der Lehm- und Masseformen ab, deren Bruchstücke dann die oberen Partien des Gussstückes incrustiren.

§ 70. Die Erstarrung des Roheisens an sich ist aber von Erscheinungen begleitet, welche auch ein wissenschaftliches Interesse beanspruchen. Diese Erscheinungen, von denen einzelne schon vor längerer Zeit beschrieben und unterschieden worden sind, finden sich zusammengefasst zuerst in des Verfassers 1868 erschienener Inauguraldissertation: „Ueber die Constitution des Roheisens etc.“, nachdem Oberhütteninspecktor Schott zu Ilsenburg, ein gründlicher Kenner des Roheisens, bereits früher Mittheilungen über das „Spiel“ des flüssigen Roheisens gemacht hatte („Bergwerksfreund“ VI, 1843, S. 241) und auch Hausmann sich verschiedentlich mit den Krystallisationen des Eisens beschäftigt hatte. Später haben Ledebur, Martens u. A. sich mit dem gleichen Gegenstand beschäftigt; eine Erweiterung der Kenntniss dieser Verhältnisse ist indessen nicht eingetreten.

Fasst man den ganzen Erstarrungsprocess in Eins zusammen, so tritt sofort eine Erscheinung dem Praktiker und dem Theoretiker entgegen, nämlich das Schwinden des Eisens. Man versteht darunter bekanntlich die Maass- oder auch Raumdifferenz zwischen dem Volumen des Eisens in der Temperatur des technischen Gestaltungsprocesses und zwischen dem Volumen des Eisens in gewöhnlicher Temperatur — bezogen auf gleiche Gewichtsmengen. Man ermittelt das Schwindmaass, d. h. die lineare Differenz, einfach durch praktische Versuche und begnügt sich für die meisten technischen Aufgaben, bei denen das Schwindmaass in sein Recht tritt, mit einem Durchschnittswerth jener Versuche und daran sich schliessenden weiteren Erfahrungen. Bei einzelnen Aufgaben jedoch, wo die Abmessungen der fertigen Waare einer sehr strengen Controle unterliegen, bemerkt man leicht, dass eine Menge verschiedener Umstände bei der Wahl des Materials und seiner Behandlung Einfluss auf die Grösse des Schwindmaasses haben.

Bei dem Schwindmaass für Giessereimaterialien ist der Durchschnittswerth umsomehr allen Einzelfällen entspechend, als jene Materialien eine constante oder gleichmässige Qualität besitzen.

Bei einem so wechselnden Gemisch von Verbindungen, Lösungen und Ausscheidungen, wie sie das Roheisen, besonders das Giessereiroheisen bietet, sind die Abweichungen des Schwindmaasses empfindlicher in allen Fällen, wo verschiedene Einflüsse des Schmelzungs- und des Erstarrungsprocesses sich geltend machen können. Diese Einflüsse äussern sich stets in einer Veränderung des Gussmaterials, eine Veränderung, welche zwar der Verwendung selten hinderlich oder störend in den Weg tritt, doch aber auf die Dimensionen des erkalteten Gussobjektes einzuwirken vermag.

Für die meisten Fälle der Anwendung ist, wie schon gesagt, die Discussion darüber eine ziemlich irrelevante Sache; zudem sind die Ansichten noch getheilt über die Veränderung des Schwindmaasses durch langsamere oder raschere Erstarrung und es müssen für die eine oder die andere Ansicht noch mehr Beweise angeführt und auch richtig interpretirt werden. Diese Fragen interessiren allenfalls die speciellen Eisengiessereitechniker; hier mag nur noch hervorgehoben werden, dass man das Schwindmaass für gewöhnliches graues Eisen auf reichlich 1 Procent, fast $1^1/_2$ Procent ansetzt, während weisses Eisen, z. B. die Rinden der Hartgüsse, ein fast doppelt so grosses Schwindmaass haben.

§ 71. Während das Schwinden des Roheisens den Volumunterschied zwischen dem flüssigen Zustand und dem Zustand vollster Abkühlung darstellt, haben verschiedene Wahrnehmungen gezeigt, dass diese Volumveränderung nicht in stetiger Weise vom Beginn der Abkühlung bis zu deren Ende sich fortsetzt, sondern dass die Volumveränderung eine discontinuirliche ist, sobald das Roheisen bestimmte Eigenschaften besitzt.

Diese Discontinuität ist vorhanden im geraden Verhältniss zu dem nachzuweisenden Graphit und jedenfalls auch zu den übrigen Ausscheidungen, wenn solche zu vermuthen sind und nachgewiesen werden. Die Wahrnehmungen, welche zur Entdeckung der Discontinuität in den Volumveränderungen beim Erstarren des grauen Roheisens oder eigentlich Gusseisens geführt haben, sind wesentlich die Erkenntniss des „Spiels“, die auffällige Entdeckung, „dass festes Roheisen auf flüssigem schwimmt“ und der Nachweis verschiedener anderer Ausscheidungen beim Erstarrungsprocess.

In welcher Folge sich diese Erscheinungen zeigen, erhellt aus der nachstehenden Schilderung des Erstarrens eines im Cupol- oder Flammofen umgeschmolzenen grauen Eisens von gewöhnlicher Beschaffenheit.

Sobald das Eisen den Stich des Ofens verlässt und in einer Pfanne aufgesammelt wird, zeigt es auf der reinmetallischen von Schlacken freien Oberfläche eine eigenthümliche Bewegung, ein schillerndes Leuchten, wie ein bewegter metallglänzender und dabei weiss- oder gelbglühendes moiré. Nach und nach stellen sich einzelne, ebenfalls durch Wallungen in der Flüssigkeit, welche Wallungen von der Abkühlung herrühren, in Bewegung versetzte dunkle Punkte oder kleine Flecken auf der Oberfläche, aus denen nach und nach sich schlängelnde Linien und Figuren bilden. Diese Figuren werden zu wurmförmigen hin und her sich ziehenden, an gewissen Stellen aber zu Sternen zusammenlaufenden und wieder auseinander stiebenden Haufwerken oder Gruppen, deren feinstes Muster sich beim reinsten, nicht zu graphitreichen, doch aber grauen Eisen ausbildet. Nach und nach verdicken sich die Lineamente dieser Zeichnung und dieselbe wird sozusagen gröber, bis durch Eintritt des Erstarrens die ganze Erscheinung verschwindet.

Man hat dieselbe mit dem Namen des „Spiels“ des Eisens bezeichnet und hat wieder durch Erfahrung gefunden, dass dieses Spiel bei verschiedenen Eisensorten auch verschieden sei und sich ganz gut zu einer empirischen Charakteristik der Roheisenqualität benutzen lasse.

Die oben citirte Arbeit von Schott in Ilsenburg hat schon vor 40 Jahren die Eigenthümlichkeiten dieses Spiels bei den verschiedenen, dem Ilsenburger Hochofen entstammenden Roheisensorten beschrieben und auf den praktischen Werth dieser Erscheinung aufmerksam gemacht (cf. auch des Verfassers „Constitution des Roheisens“). Bei den weissen Roheisensorten ist das Spiel weniger entwickelt, dennoch aber charakteristisch und beschränkt sich auf einzelne gerade Linien, die auf der Gussoberfläche sich hin- und herbewegen und in sehr veränderliche Winkel schneiden, ohne zu sternartigen Gebilden zusammenzutreten.

Auch beim Stahl beobachtet man ähnliche Erscheinungen, doch sind sie an sich und auch der hohen Temperatur wegen ziemlich verwischt oder undeutlich.

§ 72. Man kann auf Grund wiederholter praktischer Beobachtung wohl behaupten, dass das Spiel eine Folge der Krystallisation ist, welche an der Oberfläche des Metallbades vor sich geht. Eine andere Krystallisation verläuft auf dem Boden der das Bad enthaltenden Gefässe, welche bekanntlich immer mit sehr strengflüssigen und im heissen Zustand schweissenden Schalen belegt sind.

Die der Krystallhautbildung auf Lösungen vergleichbare Erscheinung des Spiels ist desshalb von praktischer Bedeutung, weil sie am vollkommensten bei dem mittelkörnigen, nicht übermässig graphitreichen festen Roheisen auftritt und weil sie in ziemlich gleichem Umfang durch stärkeren Graphitgehalt, wie auch durch weitgehende Abnahmen des Graphitgehalts und Vorherrschen des chemisch gebundenen Kohlenstoffs beeinträchtigt wird. Es werden im ersten Fall die Linienbündel verdunkelt durch die über-

wiegende Ausscheidung von einzelnen Graphitpunkten und durch die auf der Oberfläche des Eisens sich ansammelnden Garschaummassen, während im zweiten Fall die Lineamente des Spiels sich verdicken und vereinfachen, so dass sie schliesslich undeutlich werden.

Bei der Giessereipraxis ergibt sich, dass das Spiel bei im Flammofen umgeschmolzenem, also eventuell durch Oxydation etwas entkohltem Eisen von feinkörniger Beschaffenheit und grosser Festigkeit überhaupt am Vollkommensten auftritt und am Längsten dauert und dass jedes Eisen, welches ein vollkommenes feinliniges Spiel zeigt, in seiner physikalischen Beschaffenheit dem genannten Flammofenprodukt gleich steht.

Bei den Erfahrungen, welche mit der Verwendung von Holzkohleneisen zum Kunstguss gemacht worden sind, haben sich noch vielfältigere Beziehungen zwischen Spiel und Eisenart gezeigt und namentlich im Hinblick auf spätere Verarbeitung Verhältnisse ergeben, welche in den Mittheilungen von Schott und Ledebur nachzusehen sind.

Für den Grossbetrieb der Giessereien verlohnt es sich nicht so, auf diese Einzelheiten einzugehen (die Materialqualität wird da am Besten durch Versuche bestimmt), aber für kleinere, besonders für die mit Hochöfen arbeitenden Giessereien hat die Beachtung des auf der Oberfläche des Giessereimaterials vorkommenden Spiels noch immer einiges Interesse.

Bemerkenswerth ist, dass das gewöhnliche grobkörnige Giessereiroheisen von unreinerer Beschaffenheit und grösserer Umschmelzfähigkeit ein weniger feines Spiel zeigt, als z. B. das feinkörnigere und festere Giessereieisen aus etwas reineren Erzen (cf. die Unterscheidungen § 57), wie das der meisten deutschen Werke.

Die Bewegung des Spiels ist abhängig von der Giesshitze, so dass auch darin ein Unterschied zwischen sehr strengflüssigem und minder schwer schmelzbarem Material zu constatiren sein wird; die Beobachtungen können sich ja naturgemäss nicht auf gleiche Temperaturen, sondern auf gleiche Flüssigkeitsgrade beziehen — die bei sehr verschiedenen Wärmeaufwendungen nur zu erreichen sein werden.

§ 73. Die Ausscheidungen, welche das Spiel, d. h. die Metallkrystallisationsfolgen des Roheisens modificiren und stören, sind in erster Linie feste, im flüssigen Roheisen gelöst oder gebunden gewesene Substanzen, dann auch noch Gase.

Unter den ersteren steht der sich ausscheidende Kohlenstoff obenan; ob in Ausnahmefällen auch Siliciumgraphit ausgeschieden werden kann, steht noch nicht fest; Einzelne suchen das Faktum aus Analogien zu beweisen, während Andere es auf das bestimmteste bestreiten. Ebenso sind die Ansichten über die Graphitbildung selber noch vielfach verschieden, da Einige, z. B. Ledebur, zweierlei Graphit anzunehmen geneigt sind, während Andere mit einer Sorte von diesem Nebenbestandtheil auskommen. Jedenfalls steht fest, dass im flüssigen Roheisen Graphit in irgend einer Form gelöst oder gebunden enthalten ist, dass beim Abkühlen des Roheisens der Graphit sich ausscheidet und dass eine rasche Abkühlung die Graphitausscheidung verhindert und theilweise ganz aufhebt (cf. den Hartguss der englischen Blechwalzen).

Was die Lösung des Graphits im flüssigen Roheisen sehr wahrscheinlich macht, ist die unendlich oft wiederkehrende Beobachtung des Schwimmens von festem Roheisen auf flüssigem. Aus diesen Beobachtungen, welche in des Verfassers „Eisengiessereibetrieb“ ausführlich enthalten sind, ist wohl mit einiger Wahrscheinlichkeit die Annahme herzuleiten, dass das flüssige Roheisen schwerer ist als die Mischung von Eisen, Kohleeisen und Graphit im festgewordenen gleichen Roheisen. Dieser Unterschied im specifischen Gewicht ist in der einfachsten Weise durch die Behauptung zu erklären, dass der im festen Roheisen ausgeschiedene und nachweisbare Graphit im flüssigen Roheisen gänzlich oder doch in solcher Menge aufgelöst sei, dass hierdurch das specifische Gewicht des Roheisens beträchtlich wachsen müsse.

Andere Erklärungen, die auf Bewegungen in Folge der Abkühlung der Flüssigkeit zurückgreifen, sind hinfällig geworden durch Versuche des Verfassers, die am angeführten Ort ebenfalls mitgetheilt wurden.

Eine andere Art fester Ausscheidung wird durch manganreiche Legirungen auf manchen weissen Eisensorten gebildet und kommt hier weniger in Betracht. Aehnliche Ausscheidungen, welche Ledebur untersucht und mit dem Ausdruck Aussaigerungen belegt hat, treten bei manchem Giessereimaterial störend auf und wurden s. Z. von Schott als Anbrand des Eisengusses beschrieben.

Dass die verschiedenen Bestandtheile des Roheisens sich in den grösseren, selbst in den kleineren Gussstücken leicht in der Art sondern, dass der eine Bestandtheil in den obersten Schichten, der andere in den untersten herrscht, dass die Mehrheit des einen in den rasch abkühlenden, die des anderen in den langsamer erstarrten Zonen des Gusses sich vorfindet, ist ebenfalls bekannt; man kann aber diese Vorgänge als eigentliche Abscheidungs-Erscheinungen nicht ansehen.

Noch ist eine Art von Ausscheidungen zu erwähnen, welche bei kohlearmem und graphitarmem Roheisen auftreten kann, nämlich mehr oder minder grosse als Flocken im Metallbad herumschwimmende Krystallhaufwerke von reinem, höchstens etwas Graphit einschliessendem Eisen. Dieselben bilden in

den Gussstücken sehr leicht löcherige Stellen und sind zur Erzielung grösserer Homogenität vor dem Guss abzunehmen, was durch Abkehren geht, da auch sie oben schwimmen und leichter sind als das noch flüssige Material.

§ 74. Gasförmige Ausscheidungen spielen bei dem Gusseisen nicht die Rolle, die bei dem Flusseisen und Stahl ihnen zuerkannt werden muss, da die geringere Hitze der Eisengiessereiprocesse die Gasbildung und Gasabsorption nicht so zu begünstigen und der Graphitgehalt der meisten Gusseisensorten die Bildung von Gasblasenräumen im Roheisen zu durchkreuzen scheint.

Die weissen Roheisensorten für die Herstellung des schmiedbaren Gusses, auch schon die zum Hartguss verwendeten halbirten Roheisensorten zeigen das Blasenwerfen beim Fliessen des Metalls und damit verbunden, die starken Blitz- und Funkenausscheidungen. Die Erscheinung tritt ein, sobald die grauen Roheisenarten nur anfangen, in die halbirten Sorten unterzugehen und wird mit Zunahme des weissen Bestandtheils stärker, so dass nach der grösseren oder geringeren Heftigkeit des Auftretens der Erscheinung der Grad der Veränderung in der Beschaffenheit des Roheisens beurtheilt werden kann. Man constatirt bei einzelnen besonders kohlearmen, dagegen schwefelreichen weissen und melirten Eisensorten ein stärkeres Vorkommen solcher Blasenräume als bei anderen; es ist dann eine ähnliche Erscheinung vorhanden wie bei dem schlechten luckigen Floss.

Von erheblicher Bedeutung für die Erfolge der Gussmanipulationen sind diese Ausscheidungen nur dann, wenn zu rasch gegossen ist und das Blasenwerfen noch in der Form selbst fortdauert.

Bei der Betrachtung der Gasausscheidungen im Flusseisen und Stahl wird es nöthig sein, das ganze Gebiet dieser Frage durchzusprechen, welches durch Untersuchungen von Müller, Pourcel u. A. sehr ausgedehnt worden ist.

§ 75. Eine andere Folge der Graphitausscheidung muss hier noch erwähnt werden, weil sie von Wichtigkeit für die grössere oder geringere Brauchbarkeit des Gusseisens ist — es ist das Treiben oder die Ausdehnung im Moment des Erstarrens. Diese mit der Volumzunahme bei der Graphitausscheidung zusammenhängende Erscheinung qualificirt eben das graue Roheisen in solch hohem Grade zu einem Giessereimaterial, welches hinsichtlich der Ausfüllung der Formen mit den altbewährtesten Broncemischungen etc. zu concurriren vermag. Die feinsten Gebilde und Zufälligkeiten eines Modells verdanken diesem an sich ja geringfügigen „Expandiren" des Gusses das Erscheinen in deren Abgüssen. Die „Jahre" der Holzmodelle, hineingefallene Haare, alte gestopfte Damastflicken etc., sind durch den Eisenguss zu reproduciren. Ohne zu fehlen, darf in solchen delikaten Aufgaben allerdings der Graphitgehalt des Roheisens nicht so gross sein, dass seine Ausscheidung die Zartheit der Oberfläche des Gusses beeinträchtige. Bei den gewöhnlicheren durchschnittlichen Aufgaben allerdings, da kommt es nicht so sehr auf das etwaige Vorhandensein eines Graphitüberschusses an — dieser Ueberschuss wird in den wenigsten Fällen störend einwirken.

Von den Vorkehrungen beim Erstarren des Gusses, welche sich auf das ungleiche Abkühlen ungleich dimensionirter Theile desselben Stückes beziehen, wird bei der Besprechung der Gussspannungen gelegentlich des Modellbaues und der Modellanfertigung zu sprechen sein.

Zweiter Abschnitt.

Die Umschmelz-Apparate mit Zubehör.

§ 76. Zum Umschmelzen des Roheisens bedient man sich, wie bereits angeführt ist, verschiedener Ofensorten, deren Wirkungsweise einen gewissen Unterschied unter denselben begründet und deren ökonomische Leistungen durch die gedachten Umstände ebenfalls beeinflusst werden.

Die einfachsten dieser Oefen, aber zugleich auch die im Effekt unvortheilhaftesten sind die Tiegelöfen, Wind- oder Gasöfen, in denen die Einsätze in Gefässen eingeschlossen geschmolzen werden.

Sie kosten in der Anlage nicht viel, sobald es sich um gewöhnliche Planrostfeuerung handelt, wogegen sie bei Gasbetrieb zu den theuersten Ofenanlagen gehören. Trotz der im ersten Fall billigen Anlage wird aber der entsprechende Vortheil in Verzinsung und Amortisation reichlich wieder aufgezehrt durch die hohen Betriebsunkosten, besonders durch den hohen Brennstoffverbrauch.

Aehnliche, wenn auch schon etwas günstigere Resultate geben die Flammöfen. Ihre Anlage ist weit kostspieliger als die der Tiegelöfen, aber die Unterhaltungskosten sind unbedeutend, sobald nicht der Gebrauch ein fortdauernd intensiver ist, was beim Giessereibetrieb nicht vorzukommen pflegt. Dagegen sind die Flammöfen vorzugsweise zur Herstellung besonderer besserer Gussqualitäten und grösserer Mengen flüssigen Roheisens geeignet, und können im Fall des Vorhandenseins billiger und dabei zur Vercokung nicht geeigneter Steinkohlen in vielen Fällen an die Stelle der Cupolöfen treten. Jedenfalls hat sich die Construktion mit ihnen zu befassen.

Die verbreitetsten Oefen, in den verschiedensten Grössen und Verhältnissen, sind allerdings immer die Cupolöfen, an deren Construktion immer mehr vereinfacht und verbessert worden ist, nachdem man eine grosse Zahl von Erfahrungen mit denselben gesammelt hatte. In früheren Zeiten waren die Aufgaben, zu welchen man Cupolöfen verwendete, nicht von erheblicher Art, so dass man nur sehr geringe Leistungen erzielen lernte. Seit der immer weiteren Ausdehnung der Cupolofenanwendung, auch auf Aufgaben, welche früher den Flamm- und Tiegelöfen zugesellt waren, hat man einen freieren Blick gewonnen und gelernt, diesen einfachen Ofen allen Zielen der Giesserei anzupassen.

Der Stoff dieses Abschnittes wird zerfallen in:

1. Kapitel: Construktion und Ausführung der Tiegelöfen.
2. Kapitel: Construktion und Ausführung der Cupolöfen.
3. Kapitel: Construktion und Ausführung der Flammöfen.
4. Kapitel: Construktion und Ausführung verschiedener beim Ofenbetrieb gebrauchter Nebenapparate.

1. Kapitel.

Construktion und Ausführung der Tiegelöfen.

§ 77. Die gewöhnlichen Tiegelöfen sind äusserst einfache Apparate; schon ein freies Feuer, in welchem der Schmelztiegel (etwas erhöht) steht und einige um das Feuer herumgestellte, Zwischenräume zwischen sich lassende Ziegelsteine, welche das Feuer zu erhöhen gestatten, können als Tiegelofenrudimente angesehen werden, ebenso bildet ein Rost, welcher in den unteren Theil einer Esse geschoben ist, bereits den Anfang eines Windofens zum Tiegelschmelzen. Um unnütze Wärmeabsorption und Strahlung zu vermeiden, wird aber auch für die einfachsten Aufgaben eine etwas vollkommenere Construktion gebraucht. Schon ein glatter runder Zimmerofen, den man mit Chamotte auskleidet, wird als Tiegelofen zu gebrauchen sein, wenn man den für Zimmerheizung wohl ausreichenden Abzug etwas vergrössert.

Die Brennstoffe müssen auf dem Rost der Windöfen mit der nothwendigen Geschwindigkeit verbrennen, es muss mithin die hierzu erforderliche Luftmenge Zutritt zum Roste erlangen. Damit das

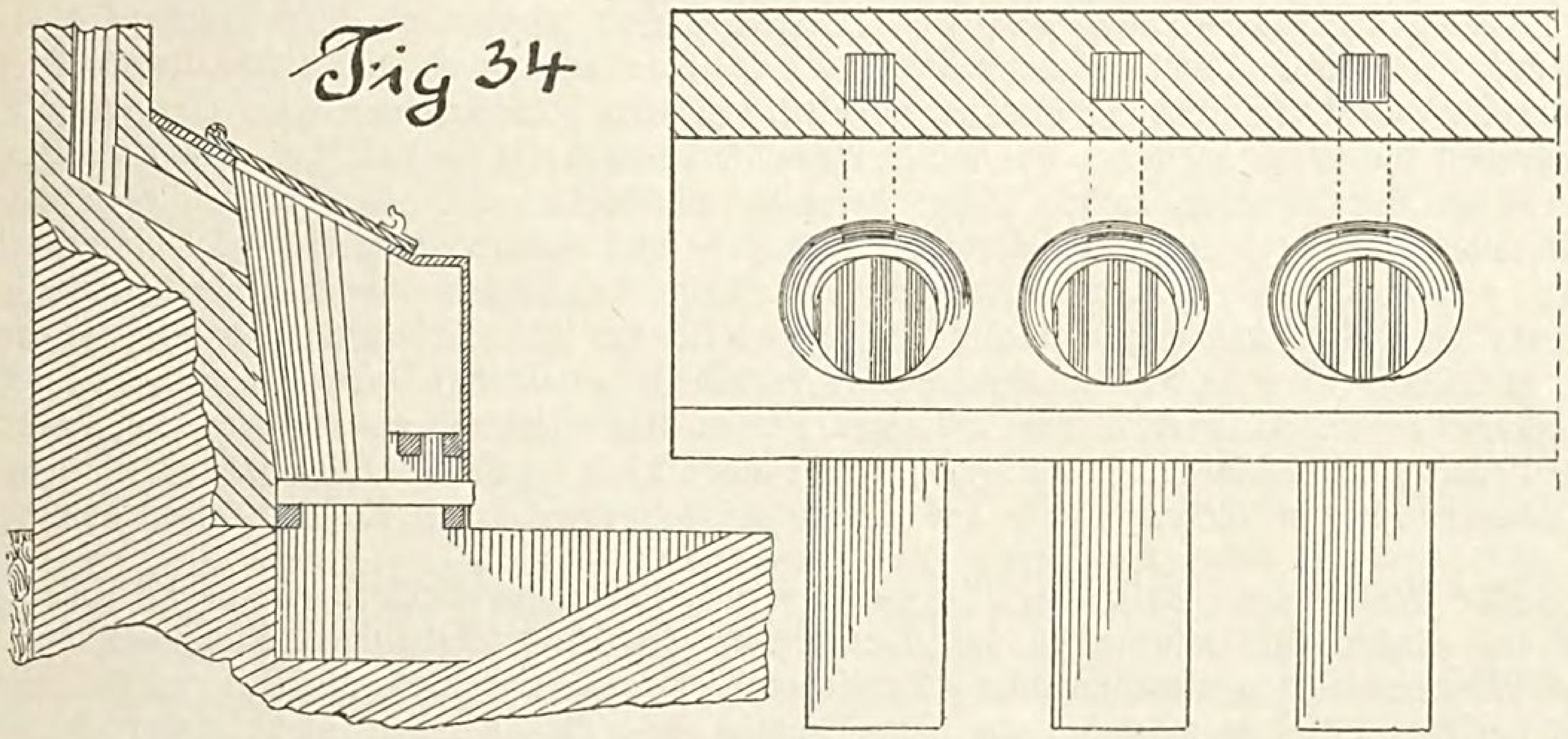
geschehen könne, muss eben der Zugeffekt des Kamins möglichst unvermindert auf den Rost wirken können und der Kaminquerschnitt in einem bestimmten Verhältniss zum freien Rostquerschnitt stehen.

Da für alle Perioden der Schmelzung dieses Maximalverhältniss nicht erforderlich ist, so sorgt man durch Schieber etc. für die Regulirbarkeit des Zuges — besonders wenn nicht, was am Besten ist, jeder Ofen seine Esse hat. Eine besondere sorgfältige Berechnung von Höhe und Querschnitt der Essen ist darum nöthig, weil bei der Tiegelschmelzerei mit relativ grossem Zeit- und Brennstoffaufwand gearbeitet wird, also eben nur eine gewisse ausreichende Abmessung für Querschnitt und Höhe der Esse erforderlich ist.

Der Querschnitt des Ofens ist natürlich wiederum abhängig von der Tiegelgrösse, d. h. der Grösse des Umschmelzgefässes und diese wieder von der Art der Fabrikation und von der Güte der Tiegelmasse. Es liegt allerdings dieses Verhältniss zwischen Ofenquerschnitt und Tiegelgrösse so, dass man denselben Ofenschacht, in welchem ein grosser Tiegel nur allein Platz findet, auch für 2, 3 oder 4 kleinere Tiegel benutzen kann und umgekehrt.

Die Höhe des Ofens ist ebenfalls von der Grösse der Gefässe abhängig, da der Brennstoff, welcher frisch aufgeschüttet ist, vollkommen in Brand gerathen und stark erhitzt sein muss, wenn er an die Tiegel kommt. Ein bestimmtes auf die Höhe der Tiegel sich beziehendes Verhältniss ist hier nicht feststellbar; es wird vielmehr die freie Höhe über dem Tiegel für gleiche Brennstoffe mehr oder minder constant sein. Desshalb sind auch nicht allzuschwere Cokes, wie z. B. die in Sheffield verwendeten gesuchter als die ganz schweren von Durham und Northumberland, welche leicht zu kalt auf die Tiegel kommen, wenn nicht sehr hohe Oberschächte der Windöfen vorhanden sind.

§ 78. Diese allgemeinen Bemerkungen über den metallurgischen Begriff der Windöfen vorausgeschickt, ist an der Hand der Erfahrung und an einem Beispiele das Detail der Bauart zu erläutern.


Fig 34

In vorstehender Fig. 34 ist eine Tiegelofenbatterie dargestellt, wie sie jahrelang auf Saynerhütte für die Herstellung feinster Eisengusswaaren benutzt worden ist und sich bewährt hat. Die Schächte liegen zu drei nebeneinander in einem Mauermassiv, sind aber etwas kegelförmig gestaltet, um der Tiegelform besser zu folgen und haben abgeschrägte Mündungen mit ungefütterten Scharnirdeckeln von Gusseisen verschlossen. Die Füchse sind etwas eng, funktioniren aber hinlänglich, sobald sie mit je einer Esse in Verbindung stehen und nicht Alle zusammen in eine Esse münden.

Die Roste sind übermässig kräftig, bestehen aus einzelnen, auf eingemauerten Balken aufliegenden, nach vorn herausziehbaren Stäben und lassen etwas grosse Zwischenräume, doch in geringer Zahl zwischen sich frei.

Die Luft tritt von vornher durch Aschenfälle mit geneigter Sohle unter den Rost; diese Aschenfallmündungen innerhalb der Hütte sind für gelegentlichen und unterbrochenen Betrieb wohl zu dulden, für scharfen Betrieb dagegen zu vermeiden. Sie müssen mit eisernen durchbrochenen Platten bedeckt werden, damit man dicht vor den Ofen treten und denselben bedienen kann. Zum Rostputzen ist vorn über den Roststäben das Vordermauerwerk unterbrochen und das darüberliegende mit Eisenstäben abgefangen. Die Brustplatte reicht aber in der Zeichnung bis hart auf die Roste herunter, was in praxi wohl etwas weniger knapp einzurichten ist.

Die Ausmauerung ist, wie die Schraffur zeigt*), theils feuerfest in der Umgrenzung des Innenraumes, theils aus gewöhnlichem oder feuerfestem Material 2. und 3. Sorte, alten gebrauchten Steinen etc. zusammengesetzt. Bei der Geringfügigkeit der ganzen Tiegelofenmasse ist es wohl anzuempfehlen von

*) An der Vorderwand fehlt die Schraffur durch ein Versehen des Zeichners.

einer Wahl zweierlei Materials im Interesse der gleichmässigen Ausdehnungs- und Zusammenziehungs-Bewegung abzusehen und lieber eine Sorte und zwar nicht zu schlechten Materials, am besten No. 2 zu nehmen. Dann bewegt sich der ganze Ofenkörper gleichmässig und ohne Zerreissung, sobald er sich erhitzt und wieder abkühlt. Natürlich muss Sorge getragen werden, dass das Eisenzeug eines solchen Ofens nicht etwa zu knapp auf den Steinen sitzt und bei seiner Ausdehnungs-Bewegung die Steinmassen zum Theil mitnimmt und dadurch zerreisst. Ein solcher Fall kann z. B. eintreten, wenn die Deckplatte mit ihren Rändern zu knapp die Steinkante des Ofens umfasst und sich beim Erwärmen aufbiegt.

§ 79. Eine etwas elegantere Construktion als die geschilderte wird abgebildet und beschrieben in des Verfassers Eisengiessereibetrieb Bd. II., Taf. XXVIII., S. 837. Diese Ofenconstruktion, zunächst für Gelb- und Rothguss bestimmt, lässt sich natürlich auch für Gusseisen ganz gut verwerthen. Die Oefen haben einen cylindrischen Blechmantel mit eingenietetem Winkel an der Unterseite zum Tragen des Chamottefutters und einem schrägen Rand an der Oberseite zum Auflegen des Deckels.

Der Mantelrand ragt hinten und an der Seite etwas über das eingenietete Winkeleisen herab, um das Einschieben der Roststäbe zu gestatten, welche auf denselben Quereisen liegen, auf denen auch der Ofen steht.

Die Oefen stecken mit angenieteten, ungefütterten Füchsen in der Wand eines horizontalen Zuges, der seitlich in den Fuss einer Esse mündet. Für das Eisenschmelzen würde ein Ansteigen dieses Zuges nützlich sein, doch geht es auch, so lange der Zug wie im vorliegenden Fall recht hoch ist und sich die Gasströme nicht drängen.

Die genannte Anlage, mit 4 nebeneinander stehenden gleichgrossen Oefen, wird durch einen Krahn beherrscht, der in der Mitte des Ganzen an der Wand aufgehängt und mit Laufkatze versehen ist. An dieser hängt eine Kette mit Hebel und Haken, um die Tiegel leichter ausheben zu können. Den Zug erhalten auch diese Oefen von dem Giessraume und durch vergitterte Aschenfallöffnungen, die sich vor den Apparaten öffnen. Am praktischsten ist eine aus einem viel tiefer liegenden Canal oder Souterrain kommende Luftzuführung und bei wirklich scharfen Schmelzungen wird man auch stets darauf zurückzukommen haben, besonders, wenn die Tiegelöfen wie bei den Fabriken für schmiedbaren Guss, continuirlich betrieben werden sollen. Man kann bei hinlänglicher Geräumigkeit dieser unterirdischen Anlage, dieselbe auch zum Entfernen der Tiegeltrümmer und anderer Betriebsabfälle gebrauchen.

Die vollkommensten derartiger Einrichtungen kann man in den Gussstahlfabriken studiren, welche vielfach, trotz der Einführung der Siemens-Oefen auch für das Tiegelschmelzen, noch immer die einfachen Windöfen, allerdings jeder mit einer eignen Esse versehen, benutzen. Dabei ist alles auf fortdauernden Betrieb eingerichtet und es wird in regelmässigen Pausen beschickt und ausgegossen, neu besetzt und der leere Tiegel erhitzt. Die hierbei gewonnenen Erfahrungen kann man wohl theilweise für den Eisenguss benutzen, aber im ganzen Umfang und in der ganzen Ausdehnung werden sie nur selten anzuwenden sein.

§ 80. Weil beim Betrieb der Tiegelöfen das Conto der Gefässe eine sehr bedeutende Rolle spielt und das wiederholte Gebrauchen derselben häufig an den nachtheiligen Einflüssen der beim Ausheben und Wiedereinsetzen stattfindenden plötzlichen Temperaturwechsel scheitert, so hat man versucht die Tiegelöfen beweglich zu machen, um beim Giessen den Tiegel selbst nicht entfernen, sondern ihn im Ofen belassen zu können.

Einen solchen Ofen hat die Firma Piat in Paris construirt und für einfachen Zug sowohl als auch für Kalt- beziehungsweise Heisswindbetrieb ausgebildet. Die Ersparniss muss nach den gelegentlich der 1878er Ausstellung gemachten Angaben sowohl an Tiegelmaterial als an Brennstoff sehr erheblich sein.

Das Construktionsprincip ist folgendes: Ein rechtwinklig viereckiger Ofenschacht, oben durch eine Deckplatte mit runder Oeffnung, unten durch einen aus Rundstäben bestehenden Rost abgeschlossen, ist in einem starkverankerten Blechgehäuse eingemantelt. Dieses Gehäuse hat an zwei einander gegenüberliegenden Seiten Zapfen, mittelst deren es oscillirend aufgehängt werden kann. Während des Schmelzens ruht es in Ständern auf einem Rahmen, der eventuell zur Einführung des Gebläsewindes benutzt werden kann und dann als Windkasten dient. Ist das Schmelzen vorbei so, greift eine Giessgabel, die an einem Krahn aufgehängt werden kann, unter die Zapfen und man kann den ganzen Ofen herausheben und zum Abgiessen bringen. Der Tiegel darin steht auf einem Thonkäse, das Feuer wird vor dem Abheben des Ofens noch recht fest um den Tiegel herumgestampft und hält den Tiegel auch noch gut fest. Die Giessschnauze des Tiegels stösst an einen Ausguss, der in der anderen Ofenwand vorgesehen und mit Sand gefüttert ist, um bequem und ohne zu grosse Neigung des Ofens ausgiessen zu können. Es wird stets dasselbe Tiegelmodell zu nehmen sein um das genaue Aneinanderpassen aller Theile zu ermöglichen und es sind für die verschiedenen Grössennummern der Oefen naturgemäss auch verschiedene Grössennummern der Tiegel vorhanden, welche meist von Morgan's Fabrik in Battersea geliefert werden und deren etwas höherer Preis reichlich durch die gute Qualität und in diesem speciellen Fall auch durch die grössere Schonung der Tiegel und durch ihre längere Dauer compensirt wird.

Der Betrieb der Piat'schen Oefen in der Giesserei der Erfinder selbst macht einen sehr guten Eindruck und für kleineren Betrieb sind die Oefen trotz des hohen Preises gewiss zu empfehlen, da sie noch am ehesten von allen Tiegelöfen compendiöserer Form die Vortheile des continuirlichen Betriebs auch eben für den Kleinbetrieb zugänglich machen. Der Grossbetrieb in der Tiegelschmelzerei greift allerdings besser zu den Gasöfen und zu den Regenerativeinrichtungen, die weit leistungsfähiger sind und regelmässiger arbeiten als die Einzelöfen mit festem Brennstoff.

Das hier über die Tiegelöfen gesagte, wird durch das später bei der Stahlgiesserei Vorgetragene vervollständigt.

2. Kapitel.

Construktion und Ausführung der Cupolöfen.

§ 81. Die Cupolöfen, deren Betrieb bereits (S. 39 u. ff., § 61 u. ff.) geschildert worden ist, sind in sehr verschiedenen Ausführungen vorhanden. Fasst man die heutigen Formen dieser verbreiteten Umschmelzöfen zugleich mit den älteren Gestaltungen zusammen, so ergibt sich eine noch grössere Anzahl wechselnder Constructionen, welche in Specialwerken, z. B. in des Verfassers „Eisengiessereibetrieb" ausführlich dargestellt werden könnten, von denen aber hier nur neue und bewährte Modificationen zu berücksichtigen sind. Eine Classification der Cupolöfen ist aus demselben Grunde kaum nöthig, da die wenigen hier anzuziehenden Beispiele sich wohl auch ohne eine solche übersehen lassen werden.

Die Schächte der Cupolöfen haben nicht wie die der Hochöfen eine Reihe von aufeinanderfolgenden verschiedenartigen Processen aufzunehmen, sondern nur eine möglichst rasche Ueberführung des Roheisens in den überhitzt flüssigen Aggregatzustand. Die bei den Cupolöfen alter Zeit beobachtete Anlehnung an die Form des Hochofenschachtes war ein falscher Schluss, da von einer Reduktionswirkung kohlenoxydreicher Gase auf poröse, starkerhitzte Materialien füglich nicht die Rede sein konnte und da doch nur dieserhalb die Raumentwickelung des Kohlensacks im Hochofen erfahrungsgemäss stattfindet.

Schneidet man von den älteren Hochöfen das enge und hohe Gestell ab, so hat man eher die normale Gestalt eines Cupolofenschachtes und wie man daraus ersieht, so wird eine mehr oder minder cylindrische Form die geeignetste eines solchen Schmelzapparates sein.

In der That kommen alle in der Praxis angewandten Cupolofenschächte auf eine nahezu cylindrische Gestaltung heraus und selbst ziemlich verschiedene Profilirungen lassen, bei sonst gleichmässigem Betrieb nur sehr wenig Unterschied in den Resultaten wahrnehmen, was doch für die technische Beurtheilung ein Hauptmoment bildet.

Ebenso wie bei den Hochöfen bereits nachgewiesen, hat sich auch bei den Cupolöfen ein allmäliges Convergiren der Constructionsverhältnisse der Schächte nach einem bestimmten Ausdruck hin bemerklich gemacht und es zeichnen sich die jetzigen Cupolöfen vor den meisten älteren durch eine grössere Schlankheit aus, sowie durch Abwesenheit aller unnützen Profilirungen. Nur ein sehr beachtenswerthes System macht hiervon eine Ausnahme, welche auch durch günstige Resultate hinlänglich gerechtfertigt ist.

Für gewöhnliche Zwecke, geringen Betriebsumfang und mittlere Materialqualitäten kann man immer sehr viel einfacher bauen und construiren als für einen grösseren und angestrengteren Betrieb. Nichtsdestoweniger aber werden gerade im Kleinbetrieb sehr grosse Fehler oft noch gemacht, die sich auch in fortdauernd zu hohem Brennstoffaufwand bemerklich machen und ihren Grund an Verschiedenem haben: ungenügende technische Einsicht, Nachlässigkeit in der Wahl des Bau- und Brennmaterials, Uebertreiben oder Versäumen des Kalkzuschlages etc. Es stehen eben vor den allerwenigsten Cupolöfen wirkliche Ingenieure, meist Förmermeister und Kaufleute.

§ 82. Der Cupolofen besteht, wie auch der Hochofen, aus einer mehr constructiv wichtigen, dem Rauchschacht des letztgenannten Apparates entsprechenden Umhüllung, der Armatur, und aus der feuerbeständigen, dem Schmelzprocess und seinen Wirkungen unmittelbar ausgesetzten Ausfütterung.

Die Armatur des Cupolofens ist stets von Eisen und vollkommen geschlossen; nur bei ganz enormen Dimensionen lässt man das Mauerwerk des Aussenschachtes frei und beschränkt sich auf die Anbringung von Reifen und Ankern. Diese Fälle sind aber äusserst selten und können nur bei Schachtweiten von über 2 m sich rechtfertigen.

Gewöhnlich wird ein gusseiserner oder schmiedeeiserner (von starkem Kesselblech hergestellter) cylindrischer, prismatischer bezw. pyramidaler Metallmantel oder Gehäuse angewandt, welcher die Oeffnungen zur Eisenentnahme, zum Abstechen der Schlacke, zum Einlassen des Windes etc. enthalten und oft noch mit den Einrichtungen verbunden sein muss, die zur Vertheilung und zur Vorwärmung des Windes vorgesehen sind.

(In früherer Zeit arbeitete man bezüglich der Mäntel etwas complicirter als jetzt, wo man sich häufig eines hinlänglich weiten gebrauchten Walzenkessels bedient, um nach Einschneiden und Ein-

hauen der erwähnten Oeffnungen ihn als Cupolofenmantel zu verwerthen und auf eine Sockelplatte zu stellen).

Man setzte den Mantel theils so zusammen, dass man niedrige Ringe mit Muffen oder Flanschen aufeinander stellte und in geeigneter Weise verband, theils so, dass man durch schmale Platten, deren Länge der Höhe des Ofens entsprach, Prismen oder Pyramiden bildete, deren Seiten durch Flanschen aneinander stiessen und verschraubt wurden. Die gusseisernen Mäntel waren stets etwas schwer, gegenüber den schmiedeeisernen und wurden nur bevorzugt, weil sie in den Giessereien leicht und rasch herzustellen waren, sofern bereits Umschmelzapparate am Platze sich befanden.

Bei Neuanlagen empfahl es sich von jeher, die Oefen fix und fertig bis auf den feuerfesten Ausbau von denjenigen Anstalten zu beziehen, welche in der Hinsicht genügende Garantien boten und man überliess dann, wie auch noch jetzt bei einigen Patentcupolöfen, dem Fabrikanten die Anordnung und Durcharbeitung des Details, nachdem man sich über die Grösse des Ofens, d. h. seine Capacität, geeinigt hatte.

Die meiste Complication verursachten die Anordnungen der Windeinlässe, welche oftmals recht umständlich und schwerfällig ausgerüstet waren. Von den alten Einrichtungen ist bei den neueren Oefen nur die Anordnung eines um den Ofen herumlaufenden Windcanals geblieben; Zahl, Dimension und Anordnung der Windeinlässe selber sind durchaus andere geworden. Die eigentliche Winderwärmung ist vollkommen abgeschafft; nur in der technischen Literatur findet man noch Spuren davon, sodass bei der Anordnung der metallischen Armatur auf diese Seite des Betriebes keinerlei Rücksicht genommen zu werden braucht.

Viel wichtiger ist die gehörige Auseinanderhaltung vom Eisenstich und Schlackenstich, um die Arbeitsseite von allen Abfällen möglichst frei zu haben, in dieser Hinsicht werden die später besprochenen Beispiele manches Detail bieten, das sich als brauchbar und praktisch erwiesen hat.

§ 83. Die innere Ausfütterung der Cupolöfen verlangt zwar nicht die gleiche Sorgfalt wie die der Hochöfen, dennoch darf man sie nicht mit zu grosser Leichtfertigkeit behandeln. Von den im I. Band im IV. Abschnitt besprochenen und geschilderten Materialien kommen vorwiegend die künstlichen zur Verwendung; ausnahmsweise nur sind dem Verfasser natürliche Steine als Cupolofenbaumaterial vorgekommen und selten zum ökonomischen Vortheil des Betriebes.

Frambach in Salzungen wandte vor 10—12 Jahren mergelige Buntsandsteine der Umgegend an, die sich allerdings bequem bearbeiten liessen, die aber von dem Zuschlagskalk des Schmelzens stark angegriffen wurden und die Bildung einer unverhältnissmässig grossen Schlackenmenge veranlassten. Hessler in Chemnitz machte seine Cupolofenschächte aus der, Bd. I., S. 287 geschilderten, beim Gewinn weichen und thonigen, beim Lagern und Austrocknen erhärtenden Arkose und hat dabei anscheinend weniger Abschmelzen beobachtet als im vorhererwähnten Fall zu constatiren war.

Serpentin, Thonschiefer etc. mögen sich ebensogut zum Ausbau der Cupolöfen eignen, doch sind derartige, eine theuerere Handarbeit verlangende Substanzen ausser Stande, mit den genau geformten und sich bequem verlegenden Façonziegeln zu concurriren.

Den ersten Rang unter den letzteren beanspruchen und behaupten wohl die aus Porcellanmaterial und Abfällen hergestellten Cupolofenziegel mancher Bezirke und Städte, in denen die keramische Industrie stark entwickelt ist. Die Berliner Eisengiessereien brauchten mit Vorliebe Formatsteine, welche einzelne der dortigen Porcellan- und Steinzeugfabrikanten aus Kapselscherben und unreineren Porcellanmasseabfällen herstellten und zu mässigen Preisen verkauften. Diese Steine, die z. B. Schomburgk in Moabit, Schumann, auch die Staatsmanufaktur lieferten, hatten kein gewinnendes Aeussere; sie sahen wie Agglomerate aus und ähnelten den Schwemmsteinen vom rheinischen Trass. Aber ihre Festigkeit und Feuerbeständigkeit erwarben ihnen rasch Freunde und sie sind immer sehr flott gekauft worden. Abgesehen von einem solchen Ausnahmefall, ist das Gros der Cupolofensteine aus gleichem oder nahezu gleichem Material, wie das der sonstigen feuerfesten Steine, die für metallurgische Zwecke angefertigt werden. Vorzuziehen sind allerdings unter allen hier in Betracht kommenden Varietäten, die glattflächigen härtesten Thonsteine, weil besonders im Oberschacht die Härte der eingeschütteten Eisenbrocken dem Schacht stets stark zusetzt. Man hatte in früherer Zeit sogar diesen oberen Theil des Schachtes mit gusseisernen Blöcken von gleichem Format wie die Steine ausgesetzt, um der Abnützung möglichst zu begegnen. (Vergl. Karsten's „Eisenhüttenkunde“ und die Schrift des Verfassers.)

Für den Herd, d. h. die Sohle des Ofens wird feuerfester Sand genommen und dieser Herd vor Beginn jedes Schmelzens neu geschlagen; die Beschädigung des Schmelzraumes bessert man mit geeigneter Chamotte aus und alle 8—14 Tage werden grössere Reparaturen an den Oefen vorgenommen, um mit dem Schmelzen nicht plötzlich an die Armatur zu gerathen, die dann rasch beschädigt sein würde.

§ 84. In Fig. 35 ist ein Cupolofen mittlerer Dimension dargestellt, welcher in Entwurf und Detaillirung vom Verfasser herrührt und sich in einigen Fällen der Anwendung vollkommen bewährt hat, z. B. in der Darmstädter Eisengiesserei.

Derselbe besitzt einen cylindrischen Schacht von 630 mm Durchmesser und ist mit einer Esse von gleichem Durchmesser versehen. Der Schacht und die Esse sind in Blechmäntel eingeschlossen, beziehungsweise (der Obertheil der Esse) aus Blech construirt und nur die Gichtenthür sowie die Vorderthür der Ofenbrust, dann die Sohlplatte, auf welcher der ganze Ofen steht, sind aus Gusseisen hergestellt.

Da die Darstellung, welche des Verfassers Handbuch der Eisengiesserei (Taf. II., Fig. 3—6) entnommen, mehr oder minder eine schematische sein musste — so sind zweierlei Düsenstöcke angebracht, um verschiedene mögliche Fälle zu illustriren.

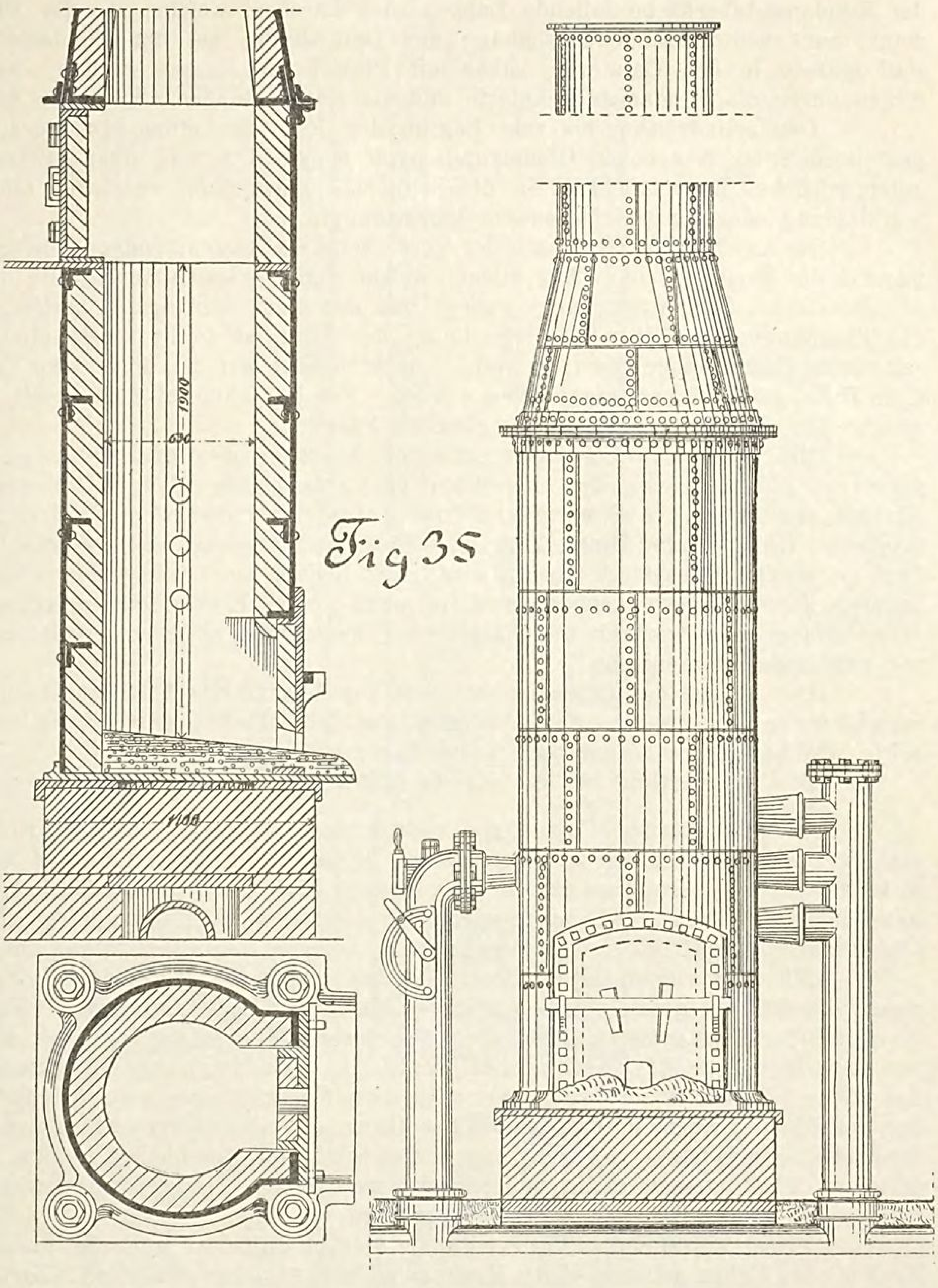


Fig 35

Diese Düsenstöcke steigen von einer horizontal in die Hüttensohle verlegten Leitung aus herauf und es baut sich auch das Ofenfundament auf oder über dieser Windleitung auf.

Der Fundamentwürfel, ca. 1,100 m im Geviert gross, ist hinlänglich hoch über die Hüttensohle hinausgeführt, um die gewöhnlichen Gabelpfannen unter die Eisenrinne stellen zu können. Sollen grössere Mengen Eisen, als in dieser Pfanne aufgenommen werden können, vergossen werden, so lässt man sie mittelst der Gabelpfannen zusammentragen und an die Giessstelle bringen. Nebenbei sei bemerkt, dass auch eine Erhöhung des Fundamentsockels weiter keine Schwierigkeit macht und lediglich eine etwas höhere Lage der Aufgebebühne nach sich zieht, die ohne jeglichen Einfluss auf den Betrieb ist.

Der Fundamentkörper ist mit einer in der Mitte durchbrochenen Deckplatte abgedeckt, deren Ränder rechtwinkelig umgebogen die oberen Kanten des Würfels schützen. Für starkbetriebene Cupolöfen, aus denen nur kleine Abstiche erfolgen sollen, ist es praktisch, auch die Vorderseite des Sockels mit einer Eisenplatte zu verkleiden, da die Abstichgeräthe etc. das Mauerwerk sehr bald zertrümmern, ganz abgesehen von den Wirkungen des herabträufelnden und herablaufenden Eisens und der Schlacken. Auch die Hitze der allabendlich ausgekratzten, vor dem Ofen sich ansammelnden Cokes wirkt nicht zum Besten und eine Verkleidung macht sich stets bezahlt, wenn man nicht überhaupt eine vollständige Einmantelung, auch des Fundaments für erspriesslich hält, wie bei den Oefen Fig. 36 und 37.

Bei den neueren Oefen ist überhaupt in dieser Hinsicht weit mehr geschehen als bei den älteren und die ganze Construktion von unten auf etwas eleganter und sorgfältiger durchgearbeitet.

§ 85. Der eigentliche Ofenkörper baut sich auf der Fundamentdeckplatte auf, welche vollkommen horizontal liegen muss, nachdem das mit Cement oder Trass aufgeführte Fundament sich gesetzt

hat und keinerlei Nachgiebigkeit mehr verräth. Zur besseren Sicherung der Horizontallage der Fundamentdeckplatte ist oben deren Durchbrechung vorgesehen, um eventuell durch Keile und durch Unterstopfungen nachhelfen zu können.

Die Sohlplatte des eigentlichen Ofenkörpers, welche unmittelbar auf die Fundamentdeckplatte zu ruhen kommt, ist von im Allgemeinen kreisförmigem Umriss und hat einen erhabenen Rand mit Kehle nach aussen. Der kreisförmige Umriss derselben wird nur unterbrochen durch einen rechteckigen Vorsprung auf der Vorderseite, um den Eisen- und Schlackenlauf aufzunehmen und durch vier in die Ecken der Fundamentoberfläche fallende Lappen oder Laschen, welche, wie der Fig. 35 beigegebene Grundriss zeigt, zur eventuellen Verschraubung und Befestigung auf den Fundamentkörper dienen. Für diesen Fall müssen in den Letzteren Anker mit Platten eingelassen werden, deren mit Gewinden versehene Ecken durch die Fundamentdeckplatte und die Löcher in den Ohren der Sohlplatte hindurchragen.

Der cylindrische, bis zum Beginn der Esse aus einem von zusammengenieteten Blechen hergestellten Stück bestehende Ofenmantel, passt genau, d. h. mit einer gewissen, dem späteren Ausdehnen entsprechenden Bequemlichkeit in die Sohlplattenumwandung und wird einfach darin aufgestellt, ohne Verkleidung oder sonstige besondere Befestigung.

Im unteren Theil ist nach der Vorderseite ein kastenförmiger Ansatz angeschlossen, der gewissermassen die Zarge für die Thür bildet, welche von Gusseisen hergestellt, sich mit breitem Flansch auf die Stösse des Zargenvorsprungs auflegt und mit einer hinlänglich breiten Rippe auf der Innenseite in die Thüröffnung einfällt. Die Befestigung der Thür ist leicht verständlich. Am Rahmen sind beiderseits zwei Haken eingelassen, in welche nach Einschieben der Thür eine Vorlegestange fällt, hinter die dann Keile gesteckt und angetrieben werden. Vor der Thür wird dann mit Sand die Giessrinne gemacht, welche den Vorsatz der Sohlplatte gänzlich bedeckt.

Die Windzuführung findet entweder mit zwei oder drei Düsen in geeigneter Höhe statt, doch immer im selben Niveau oder es werden, um veränderliche Mengen Roheisen ansammeln zu können, die Niveaus gewechselt. Auf der Fig. 35 ist rechts eine Disposition für drei Niveaus, links eine mit allen möglichen Hülfsmitteln, Drosselklappen, Visiren etc. ausgestattete einfache Düse skizzirt und gezeichnet. Der dreiarmige Düsenstock rechts wird nach Bedarf durch abnehmbare Blechdüsen mit der einen oder anderen Form in Verbindung gesetzt, je nachdem das Eisenniveau gehalten werden soll. Man ist von dieser früher sehr verbreiteten Einrichtung neuerdings mehr und mehr zurückgekommen und arbeitet mit nur einem Düsenniveau.

Der Mantel des Ofens enthält, wie aus dem Durchschnitt zu ersehen ist, auf der Innenseite in verschiedenen Niveaus angenietete Winkel, um das Schachtmauerwerk in seinen einzelnen Zonen gegenseitig unabhängig zu machen und auswechseln zu können.

Die Aufgebethür und der Kamin bedürfen wohl keiner besonderen Erläuterung.

§ 86. Derartige Cupolofen-Constructionen, wie sie eben beschrieben, werden in jedem Maassstab von den kleinsten bis zu den grössten Verhältnissen ausgeführt und betrieben. Man hat Oefen von so kleinen Dimensionen, dass nur ein paar Centner Eisen darin angesammelt werden und deren Schachtweite 250—300 mm beträgt, und andere wieder, die bis 2 m Schachtweite haben. In der Ausrüstung sind so verschiedene Oefen natürlich sehr verschieden, wogegen innere Gestaltung und Profil ziemlich gleiche sind.

Bei sehr engen Oefen dieser Art hat man wohl öfters den Untertheil des Ofens, das Eisenreservoir, ablösbar gemacht und benutzt es als Giessgefäss. Derartige Oefen hat der Verfasser in seinem Handbuch der Eisengiesserei zwei — einen aus der Geschützgiesserei zu Spandau, einen anderen aus einer Berliner Eisengiesserei (Wilhelm Wedding) abgebildet und beschrieben. Diese Theilung des Ofens in zwei Theile hat auch noch den Vortheil, dass man behufs Ausmauerung und Reparatur des Schachtes bequem in das Innere des Ofens gelangen kann und dass namentlich der Untertheil des Schachtes, der ja stets viel mehr angegriffen wird, und der hierbei in dem abtrennbaren Theil enthalten ist, ganz leicht ausgewechselt und reparirt werden kann — besonders wenn noch ein Reservetheil vorhanden ist, der unterdessen angeschlossen wird.

Dieser abtrennbare Theil wird am Besten fahrbar gemacht und dabei noch mit angenieteten Zapfen zum Heben mittelst einer Krahngabel etc. versehen, um direkt daraus giessen zu können.

Andere Cupolofengestalten finden sich in Unzahl in der älteren Literatur und haben vorwiegend lokale Bedeutung gehabt. Trotz nicht brillanten Betriebsresultaten sind Einzelne derselben sehr lange in Thätigkeit gewesen und erst in neuester Zeit durch das Bekanntwerden der verbesserten Constructionen in Wegfall gekommen.

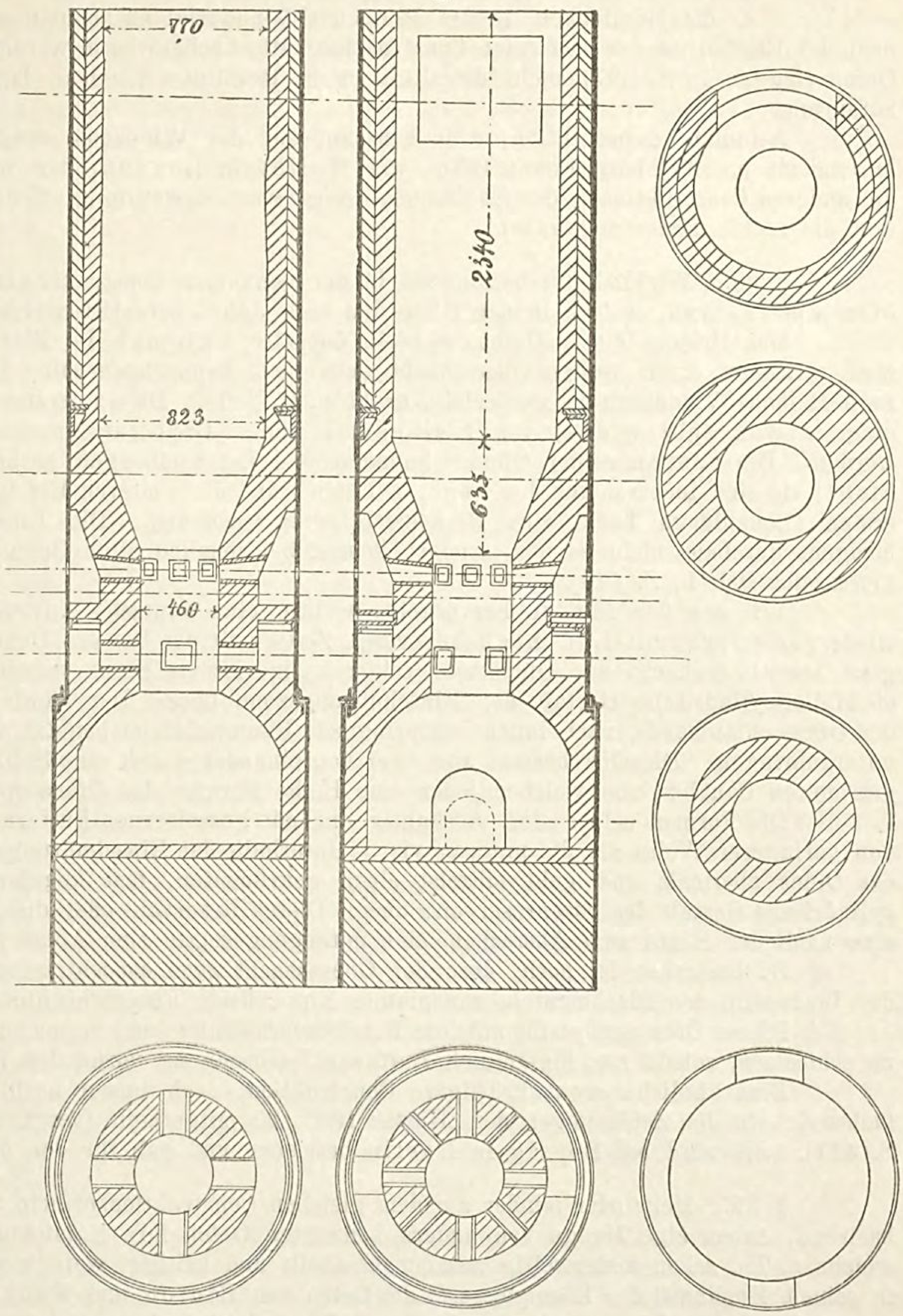
Es ist bei diesen älteren Oefen vielfach dasselbe zu constatiren, was bei dem Hochofen der älteren Zeit zu bemerken war — ein Betrieb mit zu schwachem Windquantum, zu engen Düsen und zu starker Pressung. Dadurch wird die Produktion eine sehr mässige und der Kohlenverbrauch steigt im umgekehrten Maasse.

Die neueren Oefen haben durchweg ein anderes Betriebsprincip und arbeiten mit einer grösseren Intensität des Schmelzens; die Windzuführungen sind reichlicher und ihre Wirksamkeit wird oft durch

eigenthümliche Profilirungen gesteigert. Mit diesen Veränderungen treffen auch noch Veränderungen in der Anfeuerung und ersten Besetzung der Oefen, in der Gichtengrösse etc. zusammen, welche gleichfalls günstig auf das Betriebsergebniss einwirken. Allerdings ist auch noch ein anderer Fortschritt an der genannten Entwickelung betheiligt, nämlich die Wahl eines besseren Brennstoffs und eine grössere Sorgfalt in der Arbeit selber und in der Wahl des Schmelzmaterials.

Die bei der Flusseisenfabrikation benutzten Umschmelzöfen haben besonders Veranlassung zum Erstreben günstiger Resultate ergeben, weil die Kosten dieser accessorischen Umschmelzprocesse nur mässige sein dürfen, im Gegensatz zu den Hauptbetriebskosten.

Fig 36



§ 87. Eine besonders auffällige Veränderung erhielten die Cupolofenschächte durch eine Einschnürung der Windeinführungszone, welche Profilirung zu einer erheblichen Beschleunigung des Schmelzprocesses führte, sobald die Windlieferung gleichen Schritt mit der etwaigen Zunahme des Zuflussquerschnittes hielt. Vermehrt man blos die Zahl der Windeinlässe, ohne das Windquantum vergrössern zu können, so wird man keinen Vortheil wahrnehmen. Dies ist der Grund, wesshalb bei älteren Cupolofenanlagen mit 8 — 24 Winddüsen mehr als die Hälfte der Düsen nachträglich verschlossen gehalten werden musste, weil die Pressung eine zu geringe wurde und auch durch die wenigen offenbleibenden Düsen Luft genug eintrat, um den Schmelzprocess in den alten Grenzen aufrecht zu erhalten.

Bei den bekannten Schmahel'schen Oefen, bei dem ebenso in der Literatur oftmals reproducirten Cupolofen von Dirschau (für Güsse bis 7500 Kilos) sind derartige Uebelstände wiederholt bemerkt worden, wenn bei der Einführung der veränderten Ofenzustellung nicht auch eine gleichzeitige Steigerung der Gebläseverhältnisse Platz griff.

Die ersten Oefen, von denen, nachdem sie mit einer solchen in der Windzone versehenen Einschnürung versehen, gute Resultate bekannt wurden, sind einzelne Oefen in mährischen und österreich-schlesischen Giessereien, besonders in Blansko und Witkowitz (Dürre, Eisengiesserei Bd. I., S. 396).

Ein von der Gicht nach den Formen zu sich verjüngender, kelchartig profilirter Schacht geht unter der Windzone wieder in ein Eisenreservoir von gleicher Weite wie die Gicht über, welches Eisenreservoir natürlich vor Herabkommen des geschmolzenen Eisens durch eine besondere, in das Stichloch gesteckte Düse beblasen und vorgewärmt werden musste. Das in einem solchen Ofen geschmolzene

Eisen war natürlich hitziger als das in einem weiteren Schmelzraum niedergegangene Giessmaterial, und konnte doch in ebenso grossen und selbst grösseren Quantitäten angesammelt werden, als in einem Ofen mit weiterem Schmelzraum. Es wurde in der Schmelzzone durch die an dieser Stelle geringere Querschnittsfläche eben eine intensivere Hitze erzeugt und dem Eisen mitgetheilt, welches wenig von dieser Hitze verlor, sobald es in einen gut durchwärmten Eisensammelraum gelangte und darin zur Bildung von Ansätzen durch vorzeitige Erstarrung keine Veranlassung fand.

Die Vortheile der mährischen Ofenconstruktion sind schon vor 20 Jahren durch die Betriebsführer derselben dahin präcisirt worden, dass

a. das energische Schmelzen bei sehr lebhaftem Gichtenwechsel,

b. das Erziehlen heissen flüssigen Eisens,

c. die Möglichkeit, grosse Mengen Gussmaterial ansammeln zu können,

nach der Einführung der erörterten Construktion hätte nachgewiesen werden können; dass die Dirschauer Oefen (Dürre I., S. 397) nicht dieselben guten Resultate gegeben, lag an der unzulänglichen Windzuführung.

Aehnliche Construktion, d. h. Einschnürung der Windzone, zeigt der von Guettier (traité de la fonderie p. 390) besprochene Ofen, von Moline in London, der weit eher bekannt geworden als die anderen Construktionen der Engländer, die grössere Verbreitung erlangten und den verengten Profilen erst die rechte Bedeutung gaben.

§ 88. Wirklich durchschlagend in der genannten Construktionsrichtung waren erst die Cupolöfen von Ireland, welche in der Mitte der 60er Jahre patentirt wurden und sich verbreiteten.

Das Princip dieser Oefen war ein doppeltes: einmal die Einstellung einer engeren Schmelzzone zwischen einem weiten Oberschacht und einem Sammelreservoir; dann aber die Anwendung von zwei Reihen Winddüsen in zweierlei Anzahl und Weite. Dieses letztere Construktionsprincip ist allerdings etwas später erst von Ireland bei seinem Ofen zur Anwendung gebracht und ausgebildet worden. Die ersten seiner Ofenzeichnungen und Beschreibungen enthielten diese beiden Düsenreihen nicht; sie sind indessen für den weiteren Betrieb und die weiteren Erfolge so charakteristisch, dass jene ersten Ofenanlagen kaum eine Berücksichtigung verdienen. Die Einschnürung der Schmelzzone ist übrigens durchaus nicht so neu, sondern kommt bei ziemlich alten Oefen bereits vor (cf. Dürre, Eisengiessereibetrieb I., S. 414).

Wie aus der Fig. 36 hervorgeht, welche eine deutsche Anwendung des Ireland'schen Ofens wiedergibt (Gerhardi-Lüdenscheid, vergl. Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1869, S. 273), geht der Oberschacht des Ofens aus seiner cylindrischen Form vermittelst einer steilen Rast in die ebenfalls cylindrische Gestalt der Einschnürungszone über. Der hierdurch innerhalb des Blechmantels des Ofens entstehende, nach innen vorspringende Raumwulst ist benutzt worden, um die Windvertheilung unterzubringen. Dieselbe besteht aus zwei von einander durch eine Steinlage mit eingefügten Schiebern getrennten Canälen, von welchen jeder eine Reihe Formen des Ofens speist.

Die Formen selber sind vierkantig und mit gusseisernen Futtern versehen; die oberen acht sind von geringerer Weite als die unteren vier. Unterhalb der Einschnürungszone verwandelt sich das Profil des Ofens abermals und geht mittelst einer gekrümmten, fast kugelartigen Fläche in die wiederum cylindrische Gestalt des Eisenreservoirs über. Dieses Reservoir oder die Eisenkasten haben zwei Thüren, eine nach der Hütte zum Abstechen, eine entgegengesetzte zum Ablassen der Schlacke.

Zu bemerken ist noch, dass der Oberschacht zwei concentrische Futter hat und dass eine auf der Innenseite des Blechmantels angenietete Rippe beide Feuerschächte trägt.

Dieser Ofen genügt für mittlere Betriebsverhältnisse und vermag schon recht beträchtliche Mengen zu schmelzen, sobald nur hinlänglich Luft zur Verbrennung vorhanden ist.

Eine ähnliche etwas kräftigere Construktion, doch immer noch für mittleren Betrieb geeignet, findet sich in den Zeichnungen der „Hütte" 1867, 23 mitgetheilt (vergl. Dürre, Eisengiessereibetrieb I., S. 411). Sie wird bei Borsig in Berlin betrieben und gab für den dortigen Betrieb gute Resultate.

§ 89. Mehr oder minder auf dem gleichen Construktionsprincip wie der Ireland'sche Cupolofen basirend, haben eine Menge von anders benannten Oefen ihre Entstehung und Durchbildung gefunden, welche z. Th. schon anderweitig zusammengestellt und kritisirt worden sind. Der Verfasser u. A. führt in seinem Handbuch der Eisengiesserei die Oefen von Hinton und Mackenzie an, welche vielleicht den Anspruch erheben können mit dem Ireland-Ofen gleichaltrig zu sein.

Der Ofen von Hinton unterscheidet sich von dem Ireland-Ofen nur durch die Divergenz in den Axen der beiden Düsenreihen und dadurch, dass die Düsen resp. Formen in beiden Reihen gleich weit sind. Die Divergenz ist ohne Einfluss auf die Wirkung des Windes selber und verdient kaum als ein Anspruch auf Eigenthümlichkeit hervorgehoben zu werden. Die gleiche Weite der Düsen machte auch keinen Unterschied, insofern die grössere Weite der unteren Düsen des Ireland-Ofens durch die doppelte bis dreifache Anzahl der oberen Düsen soweit compensirt wird, dass in der Summe der Zufluss-

querschnitte erhebliche Unterschiede nicht auftreten. Es bleiben als thatsächlich wirksame Eigenthümlichkeiten des Hinton'schen Ofens nur die Hauptcharaktere des Ireland-Ofens übrig — die Einschnürung und die doppelte Düsenreihe.

Andere Systeme, z. B. von Voisin und Swain unterscheiden sich ebenfalls nur ganz unwesentlich von dem Ireland-Ofen; noch andere sind lediglich Combinationen der Ireland'schen Bauart mit dem weiter unten zu beschreibenden Krigar-Ofen.

Nur der Mackenzie'sche Ofen zeigt eine originelle Construktion; eine von einer Blech- und Gusseisenarmatur getragene Rast, hängt von der unteren Schachtgrenze an in den Eisenkasten hinein, der die gleiche Weite wie der Oberschacht hat. Hinter der Rast liegt aussen um den Ofen herum der Windcanal, aus welchem die gepresste Luft nicht in einzelnen Formen oder Düsen, sondern in einem breiten Schlitz, eine ringförmige Schicht bildend, in das Gestell tritt. So lange sich auf dem unteren Rand der Rast keinerlei Ansätze bilden und den Windstrom zertheilen oder verschieben, an einzelnen Stellen hemmen, an anderen zusammenpressen, arbeitet eine solche Construktion recht vollkommen, wogegen sie rein zufällige Wirkungen haben muss, wenn die eben angedeuteten Unregelmässigkeiten eintreten. Eine Skizze einer solchen Ausrüstung soll bei der Beschreibung des Bessemerprocesses gegeben werden, weil der Mackenzie-Ofen für die amerikanischen Bessemerwerke einige Bedeutung besessen hat und noch besitzt. Auch andere Systeme in kräftiger Ausbildung für das Rohmaterialschmelzen werden Beachtung finden.

§ 90. Bei vielen Cupolöfen hatte man schon wiederholt versucht, behufs Ansammlung von Eisen, Reservoire, Vorherde etc. anzulegen um dieselben bei der Herstellung von grossen Güssen zu benutzen. Stets hatte aber, trotz aller Sorgfalt bei der Vorwärmung jener Reservoire, die starke Abkühlung des Eisens Schwierigkeiten bereitet und die Bildung starker Ansätze hervorgerufen. Eine wirklich brauchbare Vorherd-Construktion ist erst durch den vollständigen Anschluss des Vorherdes an den Ofenraum entstanden oder durch Erweiterung des Eisenkastens zu einem eingentlichen Vorherd, so, dass die Gase des Ofens in diesen Vorherd gelangen können und derselbe überhaupt einen Theil des Ofenraums bildet.

Die Fig. 37. stellt einen solchen mit Vorherd versehenen Cupolofen vor, welcher nach seinem Erfinder auch der Krigar-Ofen heisst und welcher grosse Erfolge aufzuweisen hat.

Ursprüglich bestand der neue Ofen nur aus einem relativ engen, cylindrischen, auch oft quadratisch projektirten Schacht, welcher auf einem länglichen Gestell, das nach vorn und nach hinten weit hervorragte, aufgestellt war. Vor und hinter dem Schachtmauerwerk befand sich je ein reichlich weit dimensionirter Windzulass, welcher die Luft direkt in das Gestell des Ofens hinuntersandte. Die Gichten, indem sie aus dem Ofenschacht heraus in das Gestell traten, bildeten eine Pyramide, welche die niederströmende Verbrennungsluft in lebhafteste Weissgluth versetzte und durch welche hindurchsickernd das schon im untersten Theil des Schachtes schmelzende Eisen eine sehr starke Ueberhitzung erfuhr.

Es zeichneten sich aus den eben angeführten Gründen schon die allerersten Oefen dieser Bauart durch einen relativ geringen Kohlenverbrauch aus, der weit unter die Ziffern des Ireland'schen Ofens herunter ging, welcher nur dann erhebliche Ersparnisse machte, wenn er sehr rasch betrieben werden konnte. Derartige Ersparnisse kamen aber bei allen Oefen und bei rascher Gangart vor, sind also nicht als Eigenthümlichkeit oder Vorzug besonders anzusehen. Was dagegen als eine unterscheidende und vortheilhafte Eigenthümlichkeit anzusehen, ist die Art der Windeinführung, welche auch die letzten Rückstände der Cokes trifft und sie bis zum vollständigen Verzehrtsein in intensivster Gluth erhält.

Das Eisen wird dadurch sehr stark, aber gleichmässig überhitzt und es ist anzunehmen, dass Reduktionserscheinungen, wie sie bei lokalen, sehr starken Ueberhitzungen auftreten, bei dieser Art der Windführung nicht so leicht sich zeigen können, dass also die Verunreinigungen bei der Umschmelzung weniger stark zunehmen als bei scharfem Blasen vorwiegend beobachtet wird. Der Guss aus den Krigar'schen Oefen ist stets sehr heiss aber gleichzeitig weich und bearbeitbar, so dass er sich ohne Einschränkung gebrauchen lässt und das auch die dünnsten und schwächsten Theile sich ohne zu starkes Abschrecken daraus darstellen lassen.

§ 91. Die Bauart des Krigar-Ofens geht aus den Abbildungen Fig. 37 hervor, welche eine, Ende der 60er Jahre geschehene und während des Baues und Betriebes nach und nach abgeänderte Ausführung darstellen. Die Abänderungen sind durch punktirte Linien und punktirte Schraffuren in Fig. 37 angegeben, während die erste Ausführung stark ausgezogen ist.

Der vorgeschobene Eisenkasten unterscheidet den Ofen schon äusserlich von dem sonstigen Habitus der Giessereischachtöfen, welcher doch mehr cylindrisch-prismatisch ist. Der Oberschacht, auf welchem sich in gewöhnlicher Weise ein Kamin etc. aufsetzen lässt, ist cylindrisch und wurde von etwas grösserer Weite als unten anfänglich angeordnet, so dass er mittelst einer Rast in den eigentlichen Schmelzraum überging. Später machte man ihn gleichweit, wie den Schmelzraum, d. h. man verengte ihn auf dessen Durchmesser.

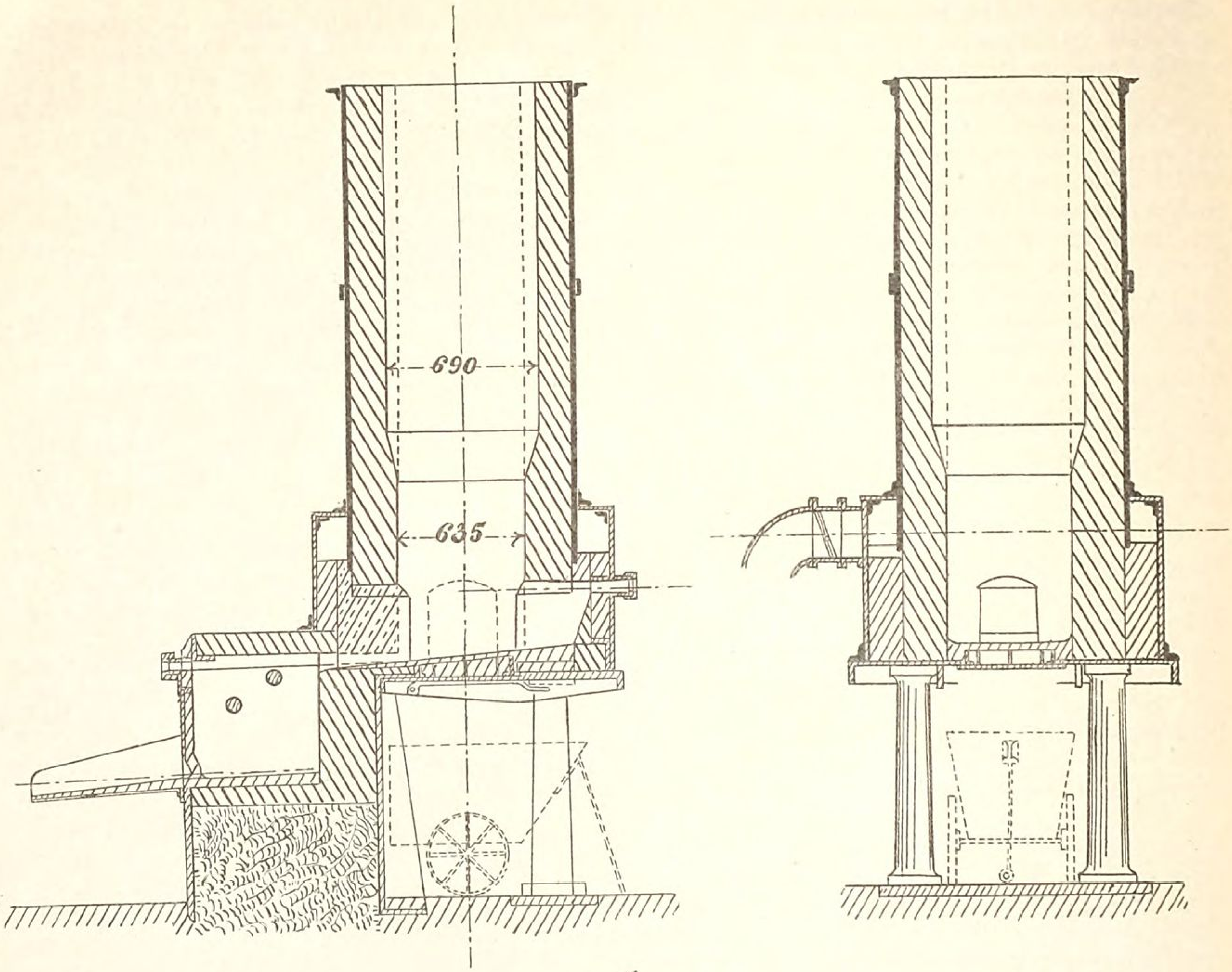
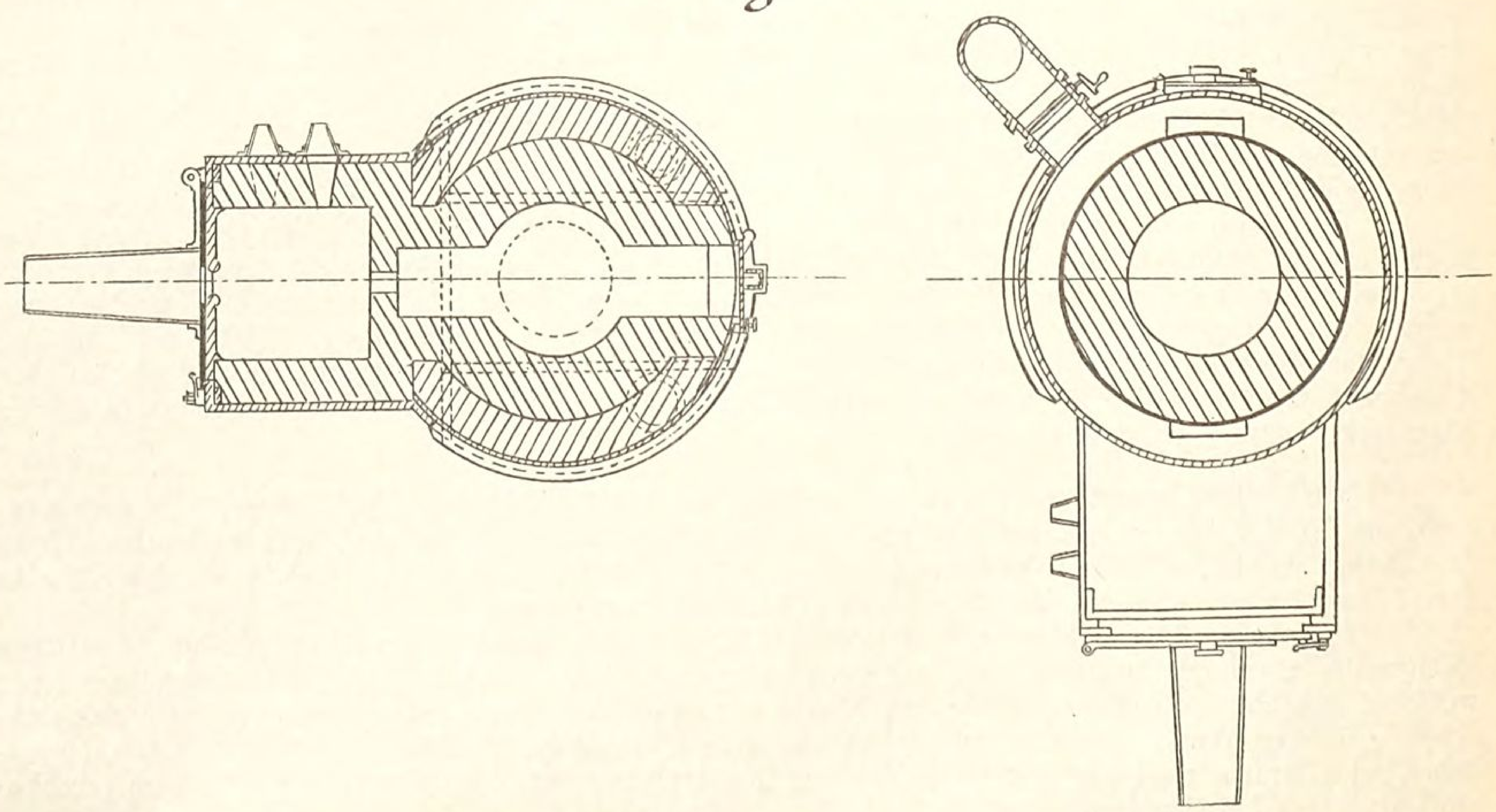


Fig 37



Der Schmelzraum hatte anfänglich nach dem Eisenkasten zu, sowie demselben gegenüber die Vorherde, in welche von oben die Windschlitze mündeten. Nach längerem Betrieb fand man es an einigen Orten praktischer, die Vorherde oder Windgewölbe rechts und links anzulegen wie in dem Längenschnitt durch punktirte Linien angedeutet ist. Dann wurde das andere Windgewölbe in der ebenfalls punktirt-schraffirten Art und Weise zugebaut und das hintere Windgewölbe nur eben aufgelassen, um dahin ausarbeiten zu können, wozu nur eine Thür angelegt zu werden brauchte.

Der Boden des Ofens ist geneigt und fällt nach dem Vorherd oder Reservoir zu, so dass das flüssige Eisen dahin rasch ablaufen kann. Der Boden selbst ist anfänglich zum Aufklappen eingerichtet gewesen, um jedes Ausarbeiten zu vermeiden. Weil aber ein derartiger Boden nach kurzer Zeit verbäckt und sich fest einschmilzt, ist es unmöglich, ihn flott benutzen zu können und man hat eben vielfach die Rückseite des Schmelzraumes zum Ausarbeiten benutzt.

Die erste Construktion hatte an dieser Stelle nur ein Visir genau unter der Gewölblinie und genügt dasselbe vollkommen um Ansätze und dergleichen von den Unterkanten der Gestellfläche abzustossen. Der Zusammenhang mit dem Sammelraum für das Eisen wird durch einen Stich hergestellt, dem gegenüber wieder ein Visir ist, welches die Beobachtung der Stichöffnung und das Offenhalten derselben bequem gestattet.

Das Visir sitzt in der Vorderwand des Eisenkastens, welche als Thür eingerichtet ist und sich auf der linken Seite in Angeln dreht. Auf derselben Seite (in der Seitenwand aber) hat der Construkteur zwei in verschiedenen Niveaus angeordnete Schlackenstiche angebracht, um eben für halbe und für ganze Füllung die nöthige Bequemlichkeit zu haben. Der Eisenkasten ist solid auf einem Mauerwürfel und so hoch aufgestellt, dass das abgestochene Eisen in die höchsten Pfannen laufen kann. Der Ofen ist zum Theil auf der durch Ankerplatten versteiften Hinterkante des Eisenkastenfundamentes aufgestellt, zum Theil steht er auf Gusssäulen, zwischen denen hinlänglich Platz gelassen ist, um bei leicht lösbarem Boden(?!) den Abraumkarren unterfahren zu können. Der Wind gelangt, wie der eine Grundriss (rechts) zeigt, aus dem Steigerohr der Windleitung zunächst in ein ringförmiges Vertheilungsrohr, welches um den so weit herabgeführten Blechmantel des Oberschachtes gelegt und nach aussen von dem Gusseisenmantel des Untertheils umschlossen ist.

Aus diesem Canal führen die beiden Windschlitze, ursprünglich hinter und dann später bei manchen Anwendungen rechts und links in den Schmelzraum hinab. Beim Beginn des Betriebes muss auch noch in das Eisenreservoir, das mit Holzkohlen angefüllt und vorgeheitzt wird, geblasen werden, um da die erforderliche Hitze hervorzubringen, ehe das Eisen selbst hineingelangt. Man legt dann von der Windleitung aus einen Schlauch mit Blechstulpe oder Mundstück nach der Stichöffnung hinein und hängt ihn ab, wenn das Eisen erscheint. Die Decke des Eisenkastens ist zum Theil so ausgeführt worden, wie die Zeichnung sie angibt, zum Theil hat man das Gewölbe auch aus einigen Deckelstücken hergestellt wie bei manchen Tiegelöfen.

§ 92. Die Firma Krigar & Ihssen liefert die Cupolöfen ihres Patents in verschiedenen Dimensionen selbst und auch in verschiedenen Querschnitten, rund und viereckig. Die letztere Schachtform wird der runden vielfach vorgezogen, wenn nur kleine Oefen nothwendig sind und wenn die Beschaffung geeigneter Façonsteine, Rundsteine, mit Schwierigkeit verknüpft ist.

In den neueren Prospekten, welche das bezügliche Ofensystem in mehrfachen Abbildungen und Skizzen wiedergeben, werden als die Vorzüge des Krigar-Ofens die folgenden Eigenthümlichkeiten und Unterscheidungsmerkmale angeführt:

Geringe Mengen von Füllcokes — weil 1. kein Eisenreservoir unter dem Schacht sich befindet, 2. der Wind die Cokes von oben trifft und desshalb den Boden des Schachtes so vorheizt, als wenn eine dicke Lage von Cokes sich im Ofen befunden hätte — weil also die Füllcokes besser ausgenutzt werden.

Regelmässiger Niedergang der Gichten — weil das Eisen und die Schlacken, auf dem Schachtboden angelangt, gleich nach dem Vorherd abfliessen und in keiner Weise den Schmelzgang aufhalten.

Der Vorherd wird mit einem leichten Brennstoff, z. B. Torf, Holz oder Holzkohlen angewärmt.

Hohe Ausnutzung des Wärmeeffekts der Cokes — dadurch, dass die am Boden des Schmelzschachtes sich ansammelnden Cokes in der günstigsten Weise vom Wind getroffen werden und einen sehr heissen Kohlensäurestrom bilden, der mit dem hochgradig vorgewärmten Luftüberschuss zusammen die weitere Verbrennung vermittelt.

Aus allen diesen Vortheilen ergeben sich für den Krigar-Ofen thatsächlich sehr günstige Betriebsresultate, von welchen einige in der Form von Attesten in dem Prospekt Platz gefunden haben und aus zuverlässigen Quellen herrühren.

Die Königin Marienhütte z. B., welche schon Ende der 60er Jahre den Krigar-Ofen in der Giesserei eingeführt und dabei gleich von Anfang an $25/_{00}$ des früheren Verbrauchs an Cokes erspart hatte, bestätigt das günstige Urtheil 1872 und führt namentlich an, dass die Cokesverbrennung $7{,}5$—$7{,}8/_{00}$

des Einsatzes betrüge. Interessant ist die Bemerkung, dass das Resultat ein noch günstigeres gewesen sein würde, wenn Alteisen verarbeitet werden konnte, woran zu damaliger Zeit ein fühlbarer Mangel herrschte.

Aehnlich günstige Resultate bezeugten die Giessereien zu Lerbacherhütte, Augustfehn, Ilsenburg u. A. Langhans, Bechem & Co. verbrauchen 8,5/00 Cokes, Moltrecht-Billwärder geben 9/00 Cokesverbrauch an.

Die von der Firma gelieferten verschiedenen Grössen der Cupolöfen sind folgende:

No. 1a	viereckiger	Schacht,	schmilzt	1000	Kilo	pro	Stunde	mit	320	mm	Durchm.	
No. 2a	„	„	„	1500	„	„	„	„	400	„	„	
No. 3	runder	„	„	2000	„	„	„	„	560	„	„	
No. 4	„	„	„	2500	„	„	„	„	680	„	„	
No. 3a	viereckiger	„	„	2000	„	„	„	„	600	„	„	
No. 4a	„	„	„	2500	„	„	„	„	700	„	„	
No. 5	runder	„	„	3000	„	„	„	„	800	„	„	
No. 6	„	„	„	4–5000	„	„	„	„	1000	„	„	

Die guten Resultate des Krigar'schen Ofens sind Veranlassung geworden, dass eine Reihe von Nachahmungen des Vorherdes, mit unwesentlichen zu einem Patentanspruch aufgebauschten Abänderungen entstanden sind, welche aber technisch thatsächlich nichts Neues bieten, hier auch desshalb füglich übergangen werden können. (Vergl. die Mittheilungen Blecher's in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1884, S. 911.)

§ 93. Die wiederholt erfahrene Nothwendigkeit, das zu heisse Bad des Unterschachts und des Vorherdes zu kühlen, und das vielfach hervorgetretene Bestreben, mit dem Roheisen auch Stahl- und Schmiedeeisenabfälle zu verbinden und zu legiren, um einen recht starken Guss herzustellen, führte zu der Einrichtung von Cupolöfen mit besonders angeordneten Herden.

Ein solcher Cupolofen ist z. B. der Ibrügger'sche Ofen, welcher z. Z. auf der Königlichen Eisengiesserei zu Gleiwitz in Betrieb gebracht worden ist. Seine Construktion ist ziemlich complicirt und verbindet die Vorheizung der Stahlabfälle durch die Cupolofengase mit dem gesonderten Schmelzen des Roheisens in einer originellen Weise.

Nicht viel weniger complicirt ist ein neuer Ofen von Krigar (Deutsches Reichs-Patent No. 29584), der ausdrücklich bestimmt ist, Zusätze von Schmiedeeisen und Stahl zur Herstellung eines verstärkten Gusseisens, eines für das Tempern geeigneten Eisens oder kurzweg des sogenannten Stahlgusses zu verarbeiten.

Der Apparat besteht aus Cupolofen mit Vorherd nach dem seitherigen Krigar'schen System, in welchem die Einschmelzung des Roh- und Brucheisens stattfindet. Die Gase dieses Ofens werden oben an der Gicht abgezogen, wo ein aus Steinen construirter Trichter in den Oberschacht herunterhängt, hinter dem die Gase sich sammeln und von wo sie in ein nach unten führendes Eisenrohr, das eine Drosselklappe enthält, gelangen. Dieser Leitungsweg führt die Gase in den Vorherd, wo sie verbrennen und das im Vorherd befindliche Gusseisen, sowie die auf einem anstossenden Nebenherd aufgespeicherten zu legirenden Abfälle von Stahl und Schmiedeeisen vorheizen. Der Abzug der Gase wird durch einen abwärts nach einem unterirdischen Canal blasenden Injektor im Fuchs des Nebenherdes bewirkt. Zur stärksten Ueberhitzung des Bades ist auf der dem Nebenherd entgegengesetzten Seite des Vorherdes ein kleiner Gasgenerator angebracht, der mit geringerem Brennstoff betrieben werden kann.

Ueber den Betrieb dieses Ofens wird mitgetheilt, dass zunächst der Nebenherd mit Material beschickt und dieses durch den Betrieb des Generators in möglichst hohe Temperatur versetzt werde. Ist fast Schweisshitze da, so wird mit dem Schmelzen in dem unterdessen vorbereiteten Cupolofen begonnen, der nach dem Vorherd zu durch einen einfachen Verschluss abgesperrt ist, indem im Abstichschlitz eine Schwelle am Rand des Vorherdes angebracht ist und die Schachtwand des Ofens selber bis unter das Niveau dieser Schwelle niederragt. Dadurch versperrt ein Eisenbad von constanter Höhe, was nach dem Vorherd stetig überläuft, den Ofenschacht und hindert das Durchbrechen nach dem ersteren hin. Ein Schlackenabfluss ist im Schmelzraum so angebracht, dass von dem durchtretenden Eisenbade die Schlacke immer regelrecht abfliessen kann.

Ist nun die erforderliche Portion Eisen im Vorherd zusammengelaufen, so wird das im Nebenherd heissgemachte Eisen mit Krücken nach dem Vorherd geschoben und durch Umrühren eine möglichst intime Mischung gemacht, unter scharfem Feuern des Generators und starkem Treiben des Injektors.

Nachdem der Guss bereit ist, kann abgestochen werden und dann erst schreitet man zur Entleerung des Schmelzraumes, indem man den Schwellenstein wegstösst und das abschliessende Eisenbad nach dem Vorherd fliessen lässt; vorher schliesst man das Gasabzugsrohr und den Fuchs des Nebenherdes, wogegen die noch sich producirenden Generatorgase durch Vorherd nach dem Schachte abziehen.

§ 94. Noch sind die Giessereischachtöfen ohne Gebläse zu erwähnen, welche vielfach als Zugcupolöfen in der Literatur bezeichnet worden sind. Wenn man in einem gewöhnlichen Wind-

ofen die Hitze beobachtet, die in einer ganz geringen Entfernung vom Roste sich bemerklich macht, so wird man nicht an der Möglichkeit zweifeln können, mit dieser Hitze Roheisen zu schmelzen. In der That haben auch vielfach Versuche die Durchführbarkeit der Idee bewiesen, einen, natürlich mit geschlossener Gicht versehenen Cupolofen durch Anschluss an einen Kamin zu betreiben. So lange die Leistung des Kamins, welche ja für wenig schwankende Gastemperaturen eine nahezu beständige ist, genügt, um dem Ofen die zum Schmelzen des vom Giessereibetrieb geforderten Durchsatzquantums nothwendige Luftmenge zuzuführen, also die entsprechende Menge Cokes zu verbrennen, so lange bietet der mit blossem Kaminzug betriebene Ofen einen Vortheil, wenn namentlich ein Kamin bereits vorhanden und disponibel war.

Auf der Königin Marienhütte b. Zwickau ist ein ganz kleiner Ofen an eine disponible Esse angebaut und ohne Gebläse einige Zeit betrieben worden; die Resultate waren gute, quantitativ aber viel zu unbedeutend, um weitere Beachtung zu verdienen. (Dürre, Eisengiessereibetrieb I., S. 424.)

Will man aus irgend welchem Grunde ohne Gebläse arbeiten, so muss eine Zugbeschleunigung eingerichtet werden; das einfachste Mittel wird immer ein Dampfstrahl sein, welcher in dem Abzugsrohr liegt und wirksam wird. Kann dieser Dampf mit geringwerthigen Brennstoffen hergestellt werden, so mag die Sache plausibel erscheinen und es mag eine ökonomische Concurrenz mit den geblasenen Oefen möglich sein.

Derjenige Dampfstrahlofen, welcher in der Literatur die meiste Beachtung erfahren hat, war ein Cupolofen von Woodward, welcher zu gleicher Zeit wie der Ireland'sche Ofen (1865) Verbreitung fand, so dass gleich zu Anfang über 60 derartige Oefen in Manchester und Umgegend in Betrieb kamen. Eine Firma gab damals an, ein Ton Eisen mit nur 1 Centner Cokes niedergeschmolzen zu haben, also mit einem Aufwand von nur 0,08/$_{00}$(?!) während früher das 1¼—1¾fache nothwendig gewesen sei. Die Dampferzeugung habe pro Ton Eisen ebenfalls 1 Centner Brennstoff erfordert, doch nur Abfall, der ⅙—¼ des Cokeswerthes gekostet habe. Diese Zahlen sind kaum glaublich, wenn noch bemerkt wird, dass die stündliche Leistung des Ofens 15 Centner nur gewesen sei! (Dürre, Eisengiesserei I., S. 425, 426.)

Es sind bei den Firmen, welche diesen Ofen adoptirt haben sollen, jedenfalls noch andere Gründe, Platz- und Raumrücksichten etc., für die Annahme maassgebend gewesen.

§ 95. Einen Schmelzofen mit Dampfstrahl hat sich F. A. Herbertz in Cöln patentiren lassen (No. 29539); die neue Construktion bietet einige Eigenthümlichkeiten und es ist der Patentanspruch vornehmlich darin gelegt, dass an einem Schmelzofen mit Dampfstrahl eine verstellbare ringförmige Lufteinströmungsöffnung in Verbindung mit einem verstellbaren und beweglichen Herde vorhanden ist.

Der Ofenschacht ist an Säulen mittelst Tragconsolen frei aufgehängt und ruht dergestalt in keiner Weise auf dem Herde. Zum Halten der feuerfesten Garnitur besitzt der Ofen unten einen ringförmigen, stumpf kegelförmig nach innen und unten abfallenden Blechflansch, welcher gleichzeitig während des Betriebes die obere Abgrenzung des Windschlitzes bildet. Die untere Abgrenzung des Windschlitzes wird durch eine ähnliche Kegelfläche gebildet, welche das Wandfutter des beweglichen Herdes abdeckt. Beide Flanschen setzen sich ins Freie vorstehend, divergirend fort um die Einführung der Luft zu erleichtern.

Ausserdem sind noch in einem geringen Abstand über der unteren Abschlussfläche des Schachtfutters acht runde Lufteinlässe, welche „nach Bedarf", d. h. wohl zur Regulirung der Verbrennung geöffnet und geschlossen werden können.

Die Aufgabe von Roheisen und Brennmaterial findet durch einen doppelt verschliessbaren Füllkasten statt, welcher nur wenig Luft eintreten lässt. Im seitlich unterhalb der Gicht schräg aufsteigenden Abzugsrohr liegt vollkommen centrisch das Dampfstrahlrohr, das aus einem neben dem Oberschacht befindlichen Dampfkessel gespeist wird. Das Abzugsrohr ist doppelt konisch, in der Art der Körting'schen Bläser construirt und im engsten Theil liegt das Dampfstrahlrohr.

Der in verticaler Richtung bewegliche Herd wird an den Säulen durch besonders an der Herdarmatur angeschraubte Führungsstücke geführt; seine Hebung und Senkung geschieht durch eine am Herdboden und in der Ofenaxe angeschraubte Zahnstange, welche im Ofenfundament in einer Büchse geführt wird und mit Vorgelege und Sperrad beliebig gehoben und gesenkt werden kann.

Auch einen Schneckenbetrieb kann man einführen, aber eine gewisse Abbalancirung des Herdgewichts würde angemessen sein, weil gerade das Herunterlassen des Herdes im Betrieb selbst vorkommen (zur Beseitigung von Ansätzen etc.) und dann durch die Auslösung des Sperrklinken-Mechanismus bedenklich werden kann.

Der Ofen befindet sich auf der Herbertz'schen Giesserei in Cöln im Betrieb und gibt sonst gute Resultate. Ueberall, wo wegen starken Funkenauswurfs geblasene Cupolöfen Schwierigkeiten machen können, ist ein solcher mit Dampfstrahl oder sonst einem Exhaustor arbeitender Ofen ein guter Ersatzapparat.

3. Kapitel.

Construktion und Ausführung der Flammöfen.

§ 96. Die Flammöfen, von den Franzosen Rückstrahlungsöfen, Reverberiröfen genannt, von den Engländern als Luftöfen bezeichnet, sind früher als solche Oefen definirt worden, in denen der Brennstoff auf einem Roste verbrennt und die Gase der Verbrennung über das zu schmelzende Eisen nach einer die Lufterneuerung unter dem Roste und damit die Verbrennung vermittelnden Esse geleitet würden.

Diese Art Oefen ist in der metallurgischen Praxis sehr verbreitet, wird aber vorzugsweise doch nur da angewandt, wo es sich um Oxydationsprocesse handelt, wenn sie auch beim Eisenhüttenbetrieb noch andere Funktionen zu verrichten hat und als Schmelz- sowie als Wärmeofen gebraucht wird.

In den erstgenannten dieser gewissermaassen rein calorischen Wirkungsweisen tritt der Flammofen beim Giessereiprocess dem Techniker entgegen und kann trotz vergleichsweise schlechter Wärmeausnutzung für manche Fälle nicht entbehrt werden.

Es ist schon angedeutet worden, worin sein Werth liegt: der Hauptvorzug bleibt immer die mit seinem Gebrauch verbundene Möglichkeit, ein Eisen von bestimmter Qualität und in einer grösseren Masse von nahezu vollkommener Gleichmässigkeit flüssig darstellen zu können. Allerdings erreicht die Masse, welche ein Flammofen aufzunehmen vermag, bald ihre Maximalgrenze; die grössten Oefen sind wohl die in Schweden, am Ural und in Nordamerika verwendeten, zum Giessen Rodman'scher Vorderlader und fassen bis 16000—17000 Kilo oder rund 320—340 Centner. Bei Güssen zwischen 3000 und 16500 Kilo kann hiernach der Flammofen eventuell den Cupolofen in der Herstellung eines möglichst gleichartigen Gusses übertreffen. Müssen mehrere Flammöfen angewendet werden, so fällt der Vorzug zusammen und man kann mit gleichem Erfolg hinsichtlich der Gleichmässigkeit zum Cupolofen greifen.

Würde bei solch schweren Gussstücken nachträglich irgend eine mechanische Arbeit vorgenommen, welche auf das Gefüge verändernd einwirkte, wie z. B. des Schmieden bei schweren Flusseisen- und Stahlobjekten, dann wäre die Benutzung der Flammöfen, wenn auch von anderer, wesentlich verbesserter Construktion als sie gewöhnlich vorkommt, indicirt.

Die heizbaren Gussreservoire, wie sie in grossen Stahlwerken für die Herstellung von Stahlfaçongüssen und von Stahlschmiedestücken gebraucht werden, sind nichts weiter als riesige Flammöfen mit Regenerativgasfeuerung, auf deren Herde nach einander die Absticke von Tiegelgüssen, Convertern etc. eingegossen und zu einer für den Zweck geeigneten Mischung unter starker Erhitzung vereinigt werden.

Im weiteren Sinn gehören auch die Siemens-Martin-Oefen zu den Flammöfen und können sehr wohl zum Roheisenschmelzen benutzt werden. Für den gewöhnlichen discontinuirlichen Betrieb sind sie allerdings zu kostspielig und umständlich.

§ 97. Das geeignetste Profil für die Construktion der Flammöfen ist nicht ganz leicht zu ermitteln, weil die Wirkung derselben hinsichtlich der Wärmeüberführung an die Einsätze wenig aufgeklärt ist.

Eine auf einem Rost, einem Planrost oder einer anderen der betreffenden Kohlenqualität entsprechenden Rostconstruktion erzeugte Flamme, mit einem hinlänglichen Luftüberschuss versehen, um im Bereich des Ofens vollständig zu verbrennen, wird über einen Herd geleitet, auf dem der Einsatz, welcher geschmolzen werden soll, ausgebreitet, resp. aufgestapelt liegt und soll an diesen Einsatz einen Theil der ganzen producirten Wärme abgeben, abzüglich des Quantums natürlich, welches zum Erhitzen des Ofens selbst und zum Betrieb des sich anschliessenden Kamins erforderlich ist, oder richtiger gesagt, durch den Kamin thatsächlich entweicht.

Durch die schon früher (S. 43) geschehene Gegenüberstellung der verschiedenen Werthe für das Verhältniss zwischen der überhaupt producirten und der für den Zweck des Processes selbst consumirten Wärmemenge ist dargethan worden, dass nur 8—13,7/₀₀ des gesammten Wärmeaufwandes für das Eisenschmelzen selber verbraucht werden, während der ganze Rest auf Ofenerhitzung, Strahlungsverluste und Verluste durch den Kamin sich vertheilt. Die bedeutende Schwankung in dem Nutzeffekt der Oefen zeigt schon zur Genüge, wie ausserordentlich verschieden die Ausnutzung der in den Giessereiflammöfen producirten Wärme ausfallen kann. Zunächst liegt der Grund in der mehr oder minder vollkommenen Verbrennung der Brennstoffe und in dem schwankenden Verhältniss brennbarer Bestandtheile in den abziehenden Gasen. Dieses Schwanken macht sich beim intermittirenden Betrieb um so fühlbarer als die Anheizung des Ofens je nach den augenblicklichen Witterungsverhältnissen sehr verschiedene Zeit in Anspruch nehmen kann. Bei dem continuirlichen Betrieb fällt die hierbei wirksame, von der Witterung beeinflusste Essenarbeit nur beim allerersten Anheizen ins Gewicht — später ist die Esse warm genug, um von Schwankungen der äusseren Temperatur und von anderen derartigen Einflüssen

nicht mehr sonderlich berührt zu werden. Das Anheizen ist allerdings stets so zu betreiben, dass die Flamme anfänglich klein und erst nach und nach, aber beschleunigt wachsend gehalten wird, sodass sie stets auf hinlänglich erwärmte Ofenwände trifft, um nicht auszugehen und Rauch zu geben. Derselbe lässt sich natürlich nie vermeiden, auch im vollen Betrieb tritt er bei Beschüttung des Rostes und beim Schüren immer wieder auf — aber ein zu starkes Beschütten des Rostes im Anfang würde doch als nutzlos sich erweisen und ohne Vortheil für die Dauer und für die Hitze des Schmelzens lediglich den Brennstoffaufwand vergrössern.

Wie bei allen Flammfeuerungen hängt auch die Gesammtleistung der Giessereiflammöfen ausserordentlich und in erster Linie von der Geschicklichkeit des Schmelzers und seiner Aufmerksamkeit ab.

§ 98. Karsten hat (Eisenhüttenkunde III., S. 339 u. ff.) schon 1839—40 eine Reihe von Sätzen für die Construktion von Flammofenanlagen zum Giessereibetrieb aufgestellt, welche, von den einfachsten Voraussetzungen ausgehend, die Grundzüge der Verbrennungs-Erscheinungen auf einem Flammofenroste feststellen und danach die Construktions-Bedingungen der Ofentheile ganz im Allgemeinen andeuten.

Die Sätze sind indessen nicht vollkommen erschöpfend, da sie auf die chemischen Seiten des Verbrennungsprocesses gar nicht eingehen, und da sie z. B. die für die Verbrennung einer bestimmten Einheit Kohle sich gegenüberstehenden Volumina von kalter Verbrennungsluft und heissen Gasen gar nicht weiter berühren, welches Verhältniss doch allein entscheidend ist für eine richtige Dimensionirung der einzelnen Theile eines Flammofens.

Ebensowenig hat Karsten auf bestimmte Verhältnisse zwischen einzelnen Flächengrössen des Ofens hingewiesen, Verhältnisse, die z. Th. nicht rechnungsmässig, sondern nur empirisch zu ermitteln sind und auch ermittelt wurden.

Noch weniger ist in Bezug auf die Qualität der Kohlen und auf ihr verschiedenes Verhalten beim Verbrennen auf dem Rost etwas besonderes gesagt oder behauptet worden — vielmehr ist bei allen dahin gehörenden Constructionen die Steinkohle als ziemlich gleich angesehen worden, was allerdings wohl den Vorbehalt einschliessen dürfte, dass der Schmelzer durch verschiedene Behandlung des Feuers die Einflüsse der Verschiedenheit der Kohlenqualität ausgleichen kann. Es soll diese Bemängelung kein Vorwurf sein, da ja erst nach längerer Praxis der Gasfeuerungen man sich etwas eingehender mit dem Einfluss der Kohlenqualität auf die Construktion der Verbrennungs- und Heizräume zu beschäftigen veranlasst war und da zu Karsten's Zeit von Gasfeuerungen ausser den allerersten unvollkommenen Anfängen nichts zu sehen war.

Etwas positivere Angaben hat Wiebe gemacht (Maschinenbau-Materialien und ihre Bearbeitung, Vol. I., S. 511 u. ff.), wesentlich nach Resultaten bei den mit guten englischen Kohlen geheizten Berliner Giessereiflammöfen, welche an Kohlen nur $35-50/_{00}$ des Einsatzes verbrauchen.

Wiebe gibt nachstehende Verhältnisse an:

$$\frac{\text{Freie Rostfläche}}{\text{Totale Rostfläche}} = \frac{0{,}6}{1} = {}^3/_5$$

$$\frac{\text{Freie Rostfläche}}{\text{Bedeckte Rostfläche}} = \frac{0{,}6}{0{,}3} = {}^3/_2$$

$$\frac{\text{Bedeckte Rostfläche}}{\text{Totale Rostfläche}} = \frac{0{,}4}{1} = {}^2/_5$$

$$\frac{\text{Schornsteinmündung}}{\text{Freie Rostfläche}} = \frac{0{,}45}{1} = {}^9/_{20}$$

$$\frac{\text{Querschnitt über der Feuerbreite}}{\text{Freie Rostfläche}} = \frac{0{,}45}{1} = {}^9/_{20}$$

$$\frac{\text{Fuchsquerschnitt}}{\text{Freie Rostfläche}} = \frac{0{,}15}{1} = {}^3/_{20}$$

$$\frac{\text{Herdsohle}}{\text{Freie Rostfläche}} = \frac{6{,}66}{1} = {}^{20}/_3$$

$$\frac{\text{Herdsohle}}{\text{Totale Rostfläche}} = \frac{4}{1} = 4$$

$$\frac{\text{Herdsohlenlänge}}{\text{Herdsohlenbreite}} = \frac{2{,}5}{1} = {}^5/_2$$

Zu kritisiren ist hierbei manches, z. B. das Verhältniss der freien zur totalen Rostfläche, welches viel zu gross ist, weil die Roststabflächen fast immer breiter als die Intervalle sein werden. Es dürfte besonders für die schweren Stäbe von Rostlängen bis 1,25 m eher das halbe Verhältniss herauskommen, d. h. 0,3 : 1. Aehnlich verhält es sich mit dem Fuchsquerschnitt, der entschieden zu klein ist.

§ 99. Will man indess mehr als blos abgeleitete Construktions-Verhältnisse haben, so muss man anders rechnen als von Wiebe u. A. hier geschehen ist. Man kann unmöglich behaupten, dass zwischen totaler und freier Rostfläche, zwischen Rostfläche und Herdfläche, zwischen Rostfläche und Fuchs bestimmte mittlere Verhältnisse existirten, die sich auf alle Apparate ohne weitere Correction anwenden liessen. Es lässt sich, wie das später bei den gewöhnlichen Puddelöfen auseinander zu setzen sein wird, eine gewisse Abhängigkeit der genannten und sonstiger hier nicht weiter erwähnter Abmessungen wohl für ein einzelnes Revier mit ziemlich gleichbleibender Kohlenqualität feststellen, aber nicht im Allgemeinen für alle Verhältnisse.

Dann ist der Nutzeffekt der bisherigen Betriebe zu benutzen, da man nur auf dem Wege der Erfahrung die Wärmemengen, welche zur Erhitzung des Ofens selbst und zum Betrieb der Esse wirklich erforderlich sind, sowie die sonstigen unvermeidlichen Verluste sicher bestimmen kann. Es ist wegen der Menge fehlender Coefficienten ganz unmöglich, rechnungmässig zu hinlänglich sicheren Resultaten zu gelangen.

Der Weg der Dimensionirung eines Ofens wird demnach folgender sein. Man nimmt als eine mittlere Chargengrösse eventuell eine Masse von 60—120 Centner = 80 Centner oder 4000 Kilo Eisen an, welche in heissflüssigen Zustand versetzt werden sollen. Dieselben beanspruchen nach calorimetrischen Messungen pro Einheit 300 Wärmeeinheiten, um vollkommen flüssig zu werden und es verhält sich diese Wärmemenge zu der dem Schmelzofen überhaupt zuzuführenden Wärme wie die in Früherem (S. 43) angegebene Effektziffer zu 100. Da diese Effektziffer eben zwischen 8 und 13,7 schwankt, so nimmt man im Interesse eines intermittirenden Betriebes den kleineren Werth und setzt dadurch die gesammte pro Einheit Eisen zu producirende Wärmemenge $= \frac{100}{8} \times 300$ oder 3750 Wärmeeinheiten. Im Betrieb selber hat man schon Gelegenheit oder findet sie, eventuell weniger Wärme zu produciren und an Brennstoff zu sparen, wenn obige Menge zu gross gegriffen sein sollte. Für jetzt berechnet sich aus derselben ganz leicht die Kohlenmenge, welche man pro Einheit Roheisen braucht, unter Voraussetzung einer vollkommenen Verbrennung im Ofen. Da die Zusammensetzung der Steinkohlen nicht nur hinsichtlich des Aschen- und Nässegehalts, sondern auch hinsichtlich der Beschaffenheit der Kohlensubstanz selbst sehr stark schwanken kann, so ist es schwer, hier irgend einen Mittelwerth zu finden und hinzustellen. Zunächst sind für Asche und Nässe hinlänglich hohe Werthe, zusammen mindestens $20/_{00}$, anzunehmen, so dass also $80/_{00}$ Kohlensubstanz selbst übrig bleiben, welche nunmehr mit 8000—9000 Wärmeeinheiten absolutem Effekt pro Einheit Kohlensubstanz in Anschlag zu bringen wären, pro Einheit Kohle also mit 6400—7200 Wärmeeinheiten. Demnach würde pro Einheit Roheisen rund 0,52—0,59, im Mittel 0,55 Einheit Kohlen verbraucht werden, vorausgesetzt, dass die Verbrennung eine durchaus vollkommene ist.

§ 100. Obwohl nun der Kohlenverbrauch für manche Fälle der Anwendung, besonders bei schlechteren Gaskohlen höher als $52—59/_{00}$ der Einsätze steigt und $80/_{00}$ und noch mehr erreichen kann, so soll doch angenommen werden, jene Verbrauchsziffern träfen zu und es sollen jetzt die wichtigeren Ofendimensionen danach berechnet werden.

Es stehen sich an Materialien

4000 Kilo Roheisen und

$4000 \times 0,55 = 2200$ Kohlen der Klassen 1—4 (Bd. I., S. 227)

gegenüber.

Diese 2200 Kilo Kohlen enthalten $\frac{80 \times 2200}{100}$ oder 1760,00 Kilo Kohlensubstanz von einer mittleren Zusammensetzung, der der langflammigen Sinterkohle ungefähr entsprechend, d. h.

$80/_{00}$ Kohlenstoff
$5/_{00}$ Wasserstoff
$15/_{00}$ Sauerstoff (und Stickstoff).

In der ganzen zum Schmelzen einer Charge von 4000 Kilo Roheisen erforderlichen Kohlenmenge stecken hiernach unter Vernachlässigung des Stickstoffs

1408,00 Kilo Kohlenstoff
88,00 „ Wasserstoff
264,00 „ Sauerstoff

aus welchen sich unter Mitwirkung der atmosphärischen Luft Kohlensäure und Wasser bilden sollen.

Es sind hierzu erforderlich:

$$\begin{array}{rl} {}^8/_3 \times 1408 = & 3753 \text{ Kilo} \\ + 8 \times 88 = & 704 \text{ „} \\ \hline \text{zusammen: } & 4457 \text{ Kilo Sauerstoff} \\ \text{davon sind } & 264 \text{ „ \quad „} \\ \hline \end{array}$$

bereits in der Kohle vorhanden, sodass nur 4193 Kilo Sauerstoff zu liefern sind, welche bei gewöhnlicher Temperatur

3225 cbm vorstellen, die in
$5 \times 3225 = 16125$ cbm Luft enthalten sind.

Dieses Luftquantum muss in der Zeitdauer des ganzen Einschmelzens unter den Rost und durch den Rost hindurch in die Feuerung treten. Seine Geschwindigkeit wird bedingt durch den Abzug der gebildeten Gase und wird ein Maximum sein, wenn die Geschwindigkeit der letzteren ein Maximum ist. Die letztere ist von verschiedenen Umständen begrenzt und durchaus nicht beliebig. Es steht im Ganzen nach verschiedentlichen Versuchen fest, dass heisse Gase nicht über 10 m pro Secunde Geschwindigkeit haben dürfen, wenn ihre Evacuation glatt von Statten gehen soll.

§ 101. Die resultirende Gasmenge wird nach dem Gesagten bestehen aus

$$\begin{array}{rl} {}^{11}/_3 \times 1408 = & 5163 \text{ Kilo Kohlensäure} \\ 9 \times 88 = & 792 \text{ „ \quad Wasserdampf} \end{array}$$

als Verbrennungsprodukt und dem Luftstickstoff als Ballast.

Das Volumen des Letzteren ist auf $16125 - 3225 = 12900$ cbm bei 0^0 anzunehmen, während die Kohlensäure bei 0^0 rund 2582 cbm, der Wasserdampf bei 100^0 bis 1320 cbm repräsentirt. Durch die Erhitzung nehmen aber die drei Gase, resp. Dämpfe, ganz andere Raumverhältnisse an, die nunmehr zu berechnen sind. Hierbei entsteht nun die Hauptfrage: welche Temperatur ist bei der Berechnung des Ausdehnungsvolumens zu Grunde zu legen?

Offenbar können hierbei wieder nur Schätzungen aus der Praxis helfen und wird man annehmen müssen, dass eine möglichst hohe Austrittstemperatur für die Zugverhältnisse des Ofens unbedingt die beste ist, sobald man einen Essenschieber einrichtet, um nach den augenblicklichen Einflüssen den Ofen ganz reguliren zu können. Nimmt man, da sehr häufig die Flammen aus den Essenmündungen der Giessereiöfen herausschlagen, und da im Fuchse selber die Wärme des Metallbades herrscht, eine Mitteltemperatur der Esse von $\frac{1600^0}{2} + \frac{400^0}{2} = 1000^0$ an, so wird man den thatsächlichen Verhältnissen wohl ziemlich nahe kommen.

Die oben ausgerechneten

$$\begin{array}{rl} & 12900 \text{ cbm Stickstoff} \\ & 2582 \text{ „ \quad Kohlensäure} \\ \hline \text{zusammen also } & 15482 \text{ cbm Gase, auf } 0^0 \text{ bezogen, werden auf } 1000^0 \text{ Ueberhitzung} \\ & 1320 \text{ cbm Wasserdampf auf nur } 900^0 \text{ Ueberhitzung zu beziehen} \end{array}$$

und ihre Volumina entstprechend umzurechnen sein.

Die 15482 cbm Kohlensäure und Stickstoff ergeben

$$15482\ (1 + 1000 \times 0{,}0037) = 57283 \text{ cbm Volumen,}$$

während der Wasserdampf $1320\ (1 + 900 \times 0{,}0037) = 4400$ „ „ ergeben,

so dass im Ganzen 61683 cbm Gasvolumen

in Berücksichtigung kommen.

Da sich die Schmelzzeit von 4000 Kilo Eisen erfahrungsmässig in Steinkohlenflammöfen auf 4—5 Stunden beläuft, so ergibt sich als Zeitdauer des Durchstreichens von obigen 61683 cbm Gasen von 1000^0 die Ziffer von 18200 Secunden. Nimmt man 10 m als Maximal-Geschwindigkeit so heisser Gase an, so ergeben sich $\frac{61683}{182000} = 0{,}33$ qm als Minimalquerschnitt das Kamins.

Ein quadratischer Kamin dieser Grösse würde 577 mm Seite haben, ein runder dagegen 650 mm Durchmesser.

Dieses sind Mittelwerthe für die Abmessungen der Kamine; dieselben werden jedenfalls nach unten etwas weiter, nach oben etwas enger gemacht werden können. Auch wird es im Allgemeinen gerathen sein, die ausgerechneten Werthe als Minimalwerthe zu nehmen und lieber den ganzen Kamin etwas weiter zu machen, wie z. B. der Kamin Fig. 38, welcher 705 mm im Quadrate hat.

§ 102. Die übrigen Dimensionen des Flammofens lassen sich, nachdem, wie eben gezeigt, die Esse berechnet ist, aus dieser Dimension ableiten, wenn man bestimmte Annahmen gelten lässt, welche (auch bei exakter Rechnung) nothwendig gemacht werden müssen.

Dahin gehören in erster Linie die Temperaturfeststellungen über der Feuerbrücke und die Tiefe des Metallbades. Die Temperatur wurde im untersten Theil der Esse, d. h. im Ende des Ofens auf 1600⁰ festgesetzt und es handelt sich jetzt darum, einen Werth für die Gastemperatur über der Feuerbrücke zu finden.

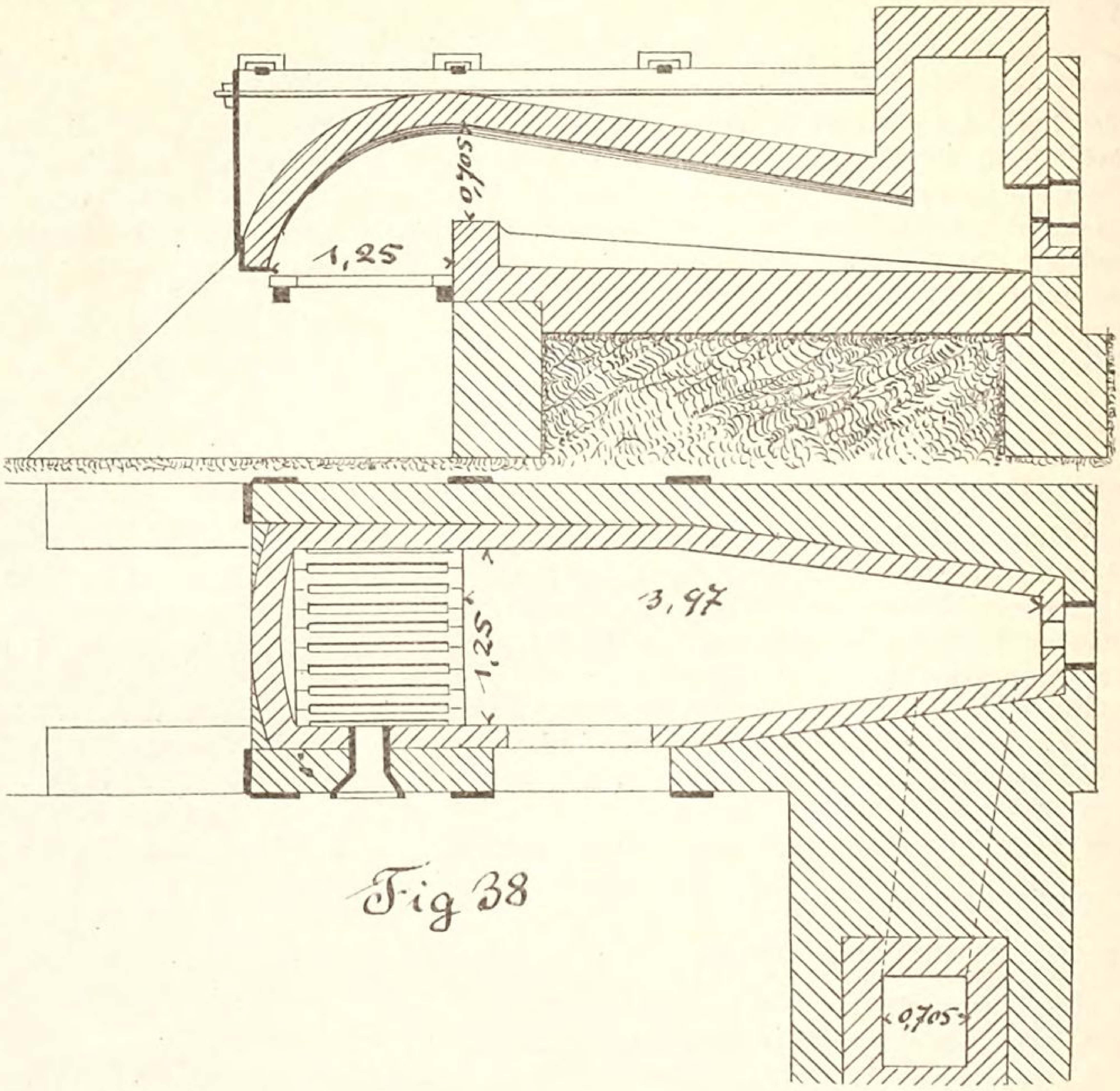


Fig 38

Die in den Kohlen enthaltenen

1408 Kilo Kohlenstoff und
88 „ Wasserstoff produciren zusammen

$$1408 \times 8080 + 88 \times 34000 = 14409296 \text{ Wärmeeinheiten,}$$

die sich auf eine Atmosphäre von

5163 Kilo Kohlensäure
792 „ Wasserdampf und

$$12900 \text{ cbm} = \frac{12000}{1,3 \times 0,976} = 10157 \text{ „ Stickstoff vertheilen.}$$

Die resultirende Temperatur ist alsdann bei eingetretener vollkommener Verbrennung durch die nachstehende Relation gegeben.

$$T = \frac{14409296 - 792 \times 606,5}{5163 \times 0,2164 + 732 \times 0,48 + 10157 \times 0,244} = \text{über } 3500^0.$$

Dieser Werth von T ist natürlich zu hoch, denn er ist ohne Berücksichtigung der Strahlungsverluste des Ofens und der Leitungsverluste durch die vorbeistreichende Luft und durch die aus dem Ofen fallenden Schlacken ermittelt, die sich genau nicht feststellen lassen. Eine Temperatur von über 2000⁰ wird aber jedenfalls anzunehmen sein, da diverse Flammofenschmelzen calorimetrisch ermittelte Temperaturen von 2200⁰ bereits gegeben haben und die Dissociationsgrenze eines so kohlensäurereichen Gemisches noch immer weit höher liegt.

Nimmt man demnach über der Herdmitte ein Temperaturmaximum von 2200^0 an, am Ofenende dagegen eine Temperatur von 1600^0, so werden sich für gleiche Durchgangs-Geschwindigkeiten die resp. Querschnitte zum bereits berechneten Essenquerschnitt verhalten, wie die Temperaturen, also:

$1000 : 0{,}33 \text{ qm} :: 1600^0 : X :: 2200 : Y$ — wonach $X = 0{,}528$ qm und $Y = 0{,}726$ qm.

Die Herdfläche lässt sich dann einfach so berechnen, dass man für Oefen mit flachgeneigtem, nach dem Fuchse hin abfallenden Herd eine Badtiefe von 15 cm annimmt, woraus sich, da 5 Tonnen Einsatz eingeschmolzen werden sollen, eine Badmasse von ca. $^5/_7$ oder rund 0,715 cbm, eine Badoberfläche aber von $\frac{0{,}715}{0{,}15} = 4{,}7$ qm herausrechnet. Um die Breite des Herdes hiernach zu ermitteln, muss auf die Flammbarkeit der Kohlen Rücksicht genommen werden, was in durchaus empirischer Weise zu geschehen pflegt. Länger als $3^1/_2$ m wird man die Länge des Flammraumes von dem Feuerbrückenmittel bis zum Fuchse wohl nicht nehmen; demnach wird die Ofenherdbreite ca. 1,3 m sein, welche Dimension auch die Rostbreite bedingt.

Bezüglich der Gesammtrostfläche ist vorweg anzunehmen, dass das Verhältniss der freien Rostfläche zur Gesammtrostfläche in der Regel wie 1 zu 3 sein wird, wenn einigermassen starke Stäbe gebraucht werden; bei Patentrosten, die hier aber aus verschiedenen Gründen nicht opportun sind, weil sie zu rasch sich abnutzen würden, kann das Verhältniss 1 zu 2 erreicht werden. Die Zutritts-Geschwindigkeit der kalten Luft kann so hoch veranschlagt werden, dass sie bei der Rostberechnung kaum zu berücksichtigen ist, da schon bei Gleichstellung der mittleren Essenweite und der freien Rostfläche eine ausreichende Luftmenge Zutritt erlangt.

Der Kaminquerschnitt ist auf 0,33 qm berechnet worden, so dass obiger Annahme folgend die freie Rostfläche mindestens ebensogross sein muss. Die Totalfläche des Rostes würde hiernach $3 \times 0{,}33 = 1$ qm betragen und die Rostlänge $\frac{1}{1{,}3} = 0{,}769$ oder rund 0,77 m.

Zur Herstellung eines Luftüberschusses, der im Interesse der Flammenfeuerung immer nützlich wirkt, nimmt man aber gern etwas mehr und geht bis 1,00, sogar bis 1,25, wie Fig. 38 zeigt.

Die nach den Verhältnissen berechneten Querschnitte sind hiernach für den bestimmt vorgesehenen Fall:

Esse	0,33 qm		
Ofenende . . .	0,528 „		
Feuerbrücke . .	0,726 „		
Freie Rostfläche .	0,33 „	bis	0,52 qm
Totale Rostfläche	1,00 „	„	1,56 „

Die Essenhöhe ist mit 15—16 m vollkommen ausreichend bemessen.

§ 103. Eine einfache Flammofenconstruktion stellen die Fig. 38 u. 38a dar; dieselbe ist aus des Verfassers Eisengiessereibetrieb Bd. I, S. 495, Taf. X und XI entnommen und befand sich seiner Zeit in Gleiwitz in mehreren Exemplaren ausgeführt und betrieben.

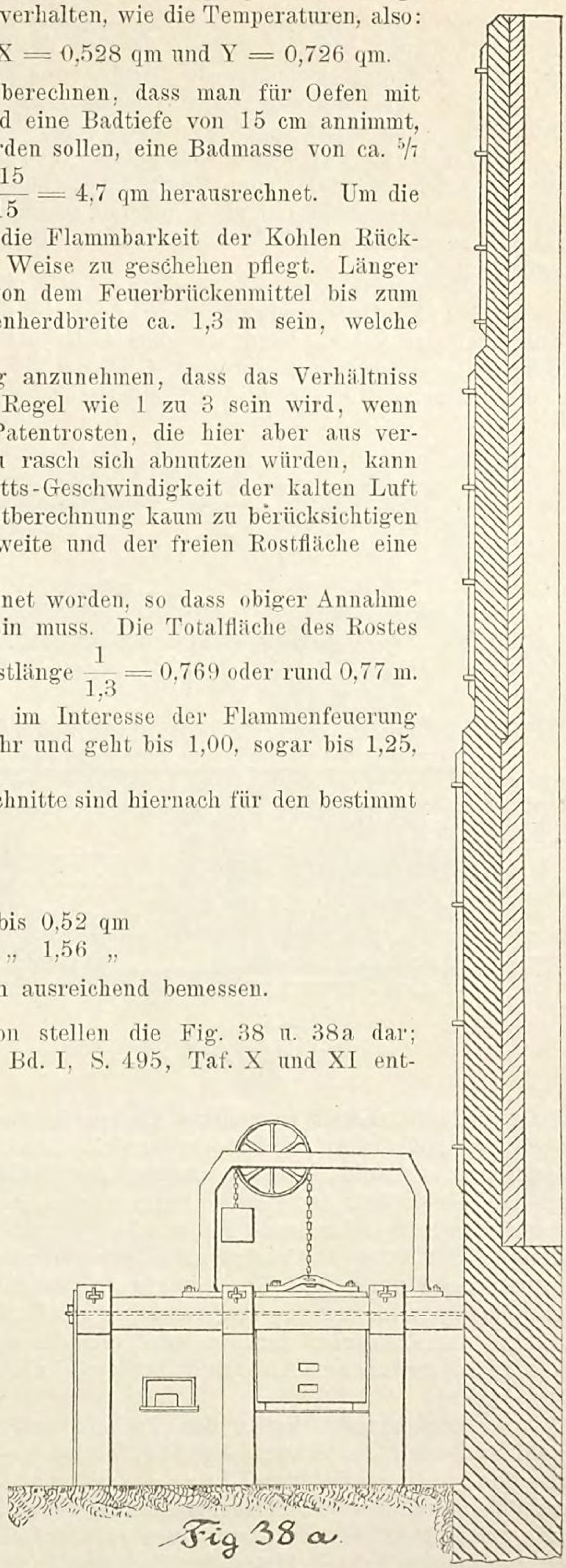


Fig 38 a.

Wie aus den Profilansichten und Längsschnitten ersichtlich, besteht der Ofenkörper hauptsächlich aus zwei Längswänden, welche das Gewölbe tragen und durch die Feuerbrücke und die Stirnwand an der Fuchsseite mit einander verbunden sind.

Das Gewölbe ruht an der vorderen Schmalseite auf einem Winkel von Gusseisen und schwingt sich von da aus im Halbkreis über das Feuer bis über die Feuerbrücke herauf, um in allmäliger Neigung über den Herd nach dem Fuchs hin sich zu senken. Dabei spannt sich das Gewölbe von einer Langseite nach der anderen ziemlich flach, d. h. mit einer Höhe von 200 mm auf 1250 mm Spannweite hinüber.

Der Herd, etwas ausgemuldet, neigt sich gleichmässig von der Feuerbrücke nach dem Fuchse hin, wo sein tiefster Punkt und gleichzeitig der Abstich sich befindet. Ueber dem Abstich liegt in der Fuchswand des Ofens ein durch einen eisernen Kasten markirtes Visir, um das Schmelzen von dieser Seite her ebenfalls beobachten zu können.

Sonst beobachtet man es durch eine resp. zwei Oeffnungen in der Arbeitsthür des Ofens (siehe Fig. 38a), durch welche auch die Einsätze in den Schmelzapparat gebracht werden. Die Befeuerung geschieht von derselben Seite mittelst einer Einwurföffnung, welche mit einem Trichter versehen ist; man kann dieser Methode den Vorwurf machen, dass sie die Feuerbedienung des doch schon ziemlich breiten Rostes nicht sehr erleichtert und dass sie mindestens etwas weiter sein könnte.

Die Armatur des Ofens besteht aus breiten aufrechtstehenden Ankerplatten, welche oben durch Längs- und Querstangen verbunden sind, deren Enden durch Keile befestigt werden.

Der Rost wird aus dicken gusseisernen Quadratstäben gebildet, die auf Rostbalken aufgelagert sind und welche ziemlich lange Köpfe haben, um scharf aneinander gestossen werden zu können.

Die Esse steht mit einer anderen zusammen in einem gemeinschaftlichen Mantel und von jedem Ofen führen steil ansteigende Füchse dahin. Bauart und Armatur der Esse sind aus den Figuren hinlänglich zu erkennen.

§ 104. Oefen wie die eben beschriebenen hat schon 1857 Wagner als Ofen mit geneigter Ebene oder gestrecktem Herd von einer anderen Construktion unterschieden, welche als Ofen mit vertieftem Herd bezeichnet wurden (cf. Dürre's Eisengiessereibetrieb I, S. 516, 1. Auflage). Wagner hob damals schon die verschiedenen calorischen Resultate, mehr noch die daraus folgende verschiedene Einwirkung auf den Einsatz hervor. Er schreibt dem im Vorstehenden geschilderten Ofen mit gestrecktem Herd eine reinigende, die Festigkeit steigernde Wirkung zu, während der Ofen mit vertieftem Herde hauptsächlich in der raschen Einschmelzung grösserer Massen von Roheisen etwas leiste.

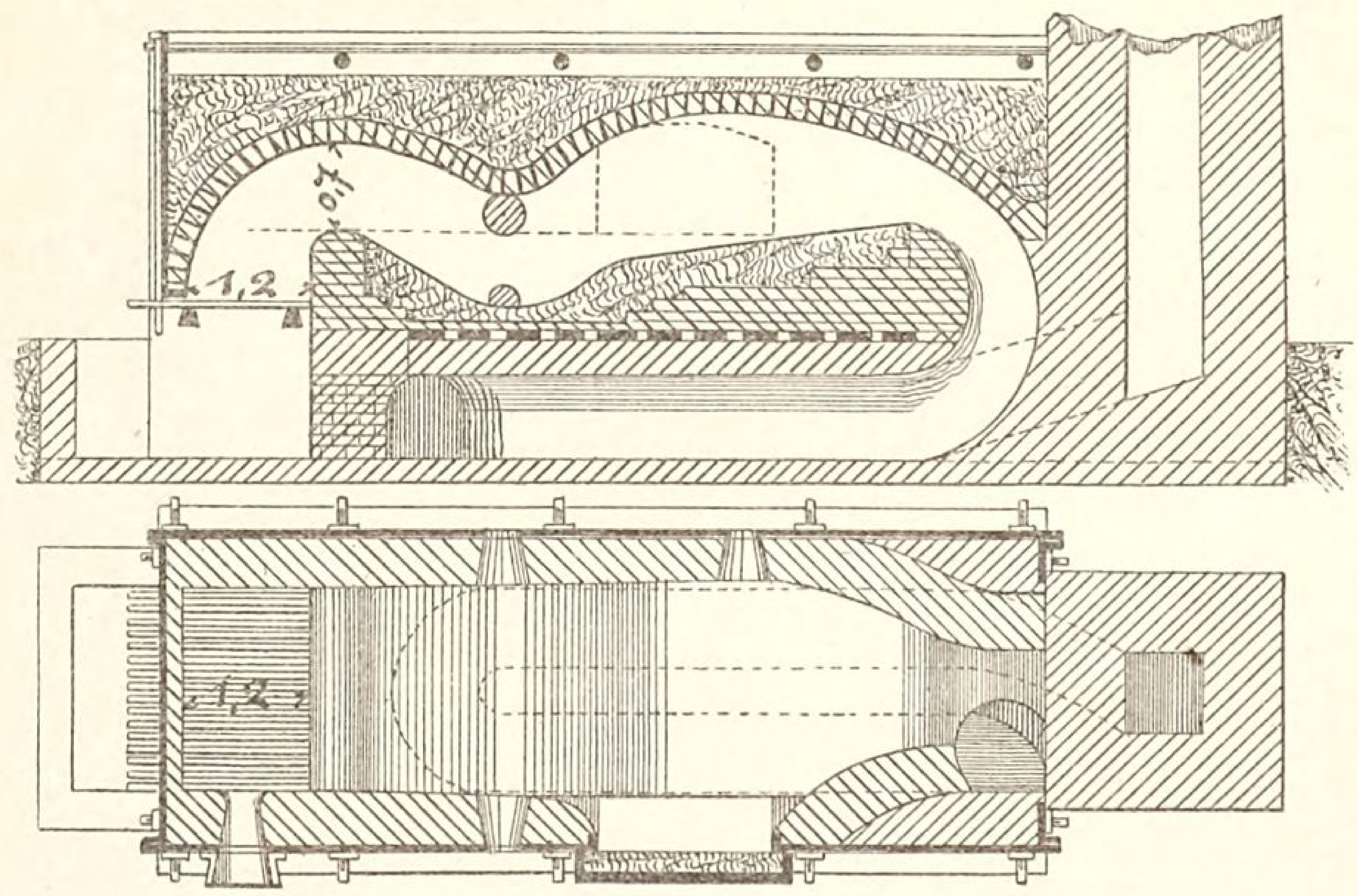


Fig. 38 b

Jene reinigende Wirkung besteht in nichts anderem als in einer stärkeren Oxydation der Nebenbestandtheile des Roheisens, welche naturgemäss immer der Dauer der Schmelzung proportional sein, also in einem langsamer schmelzenden Ofen auch eine grössere Wirkung haben muss.

Es ist schon angeführt worden, dass einzelne Roheisensorten von geringerem Kohlenstoffgehalt und gleichfalls geringerem Gehalt an anderen Bestandtheilen im Flammofen, sofern derselbe nicht gehörig heizt, angefrischt und dadurch dickflüssig werden. Das kommt bei der Benutzung der gestreckten Herde am ehesten vor, weil die Einsätze zunächst der Feuerbrücke die erste Hitze absorbiren und erst nach und nach den Hintertheil des Herdes warm werden lassen. Ehe der Letztere aber die volle Hitze erreicht hat, ist das erstgeschmolzene Eisen schon darauf gelaufen und wieder erstarrt. Dabei wird es einem anfänglich lufthaltigen, nicht vollständig verbrannten Gasstrom ausgesetzt, gebildet von der im Contakt der kälteren Einsatz- und Gewölbtheile ausgelöschten Flamme; später wenn der Ofen heisser und die Verbrennung vollkommener geworden ist, wird die Atmosphäre dieses Theils zwar nur Verbrennungsprodukte enthalten, aber darunter wiederum die stark oxydirende Kohlensäure. Eine Oxydation und ein etwas grösserer Abbrand ist desshalb in den so construirten Flammöfen stets zu constatiren.

Ganz anders verhalten sich die Oefen mit vertieftem Herd, welche von England her ursprünglich eingeführt, auch den Namen der Staffordshire-Oefen tragen. Sie sind in verschiedenen Profilen, namentlich in verschiedener Länge bekannt und es rechtfertigen sich diese Unterschiede wohl einfach durch die Benutzung verschiedener Kohlen, deren Flammenlänge ganz naturgemäss in Betracht kommen muss. Das Profil ist im Allgemeinen so, dass das Gewölbe, welches über dem Feuer halbkreisförmig sich aufschwingt, gleich hinter der Feuerbrücke wieder herabgezogen wird, um mitten über dem Sumpf für das flüssig gewordene Eisen seinen tiefsten Punkt zu erreichen. Von da spannt es sich, wieder aufwärts gerichtet, doch flacher nach dem Fuss der Esse oder nach einem vielleicht abwärts führenden

Fuchse hin und überdeckt so die hintere nach dem Fuchs langsam ansteigende Herdhälfte, auf welcher das zu schmelzende Eisen aufgestapelt wird, um geschmolzen von da herab in den Sumpf zu fliessen.

§ 105. Eine gute und recht normal profilirte Construktion ist in Fig. 38b dargestellt, welche den Flammofen der Giesserei auf Königin Marienhütte bei Zwickau abbildet. Derselbe ist ganz in Eisenplatten eingeschlossen, welche unten in dem Sohlenbelag und dem Fundament feststehen, oben dagegen durch Zuganker verbunden sind. Das aus einer Steindicke bestehende Gewölbe ist mit Schutt abgedeckt, um die Strahlungs- und Leitungsverluste zu vermeiden. Ob hierdurch nicht eine stärkere Abschmelzung und ein früherer Verschleiss des Gewölbes herbeigeführt wird, ist kaum zu bezweifeln; doch tritt bei einem nicht continuirlich betriebenen Ofen dieser Umstand nicht so schwerwiegend auf als bei einem Ofen, der fortwährend geht, wie z. B. die früher vielgebrauchten Flammöfen zum Roheisenschmelzen in den Bessemerwerken.

Der Herd baut sich auf einer Reihe eiserner Platten auf, welche von einer Längswand zur andern gehen; darauf liegt ein Mauerpflaster, welches einerseits in die Feuerbrücke, andererseits in die Fuchskante übergeht und worauf dann der Sandherd geschlagen wird.

Die Anordnung wie sie hier dem Herd gegeben ist, im Gegensatz zu der gewöhnlichen Herdanlage anderer Giessereiflammöfen, wird motivirt durch den unter dem Herd sich hin- und herziehenden Fuchscanal, der dann nach der Esse führt. Der Grund dieser auffallenden, die Zugwirkung der Esse etwas beeinträchtigenden Ausnützung der Wärme des Fuchses ist die Absicht, den Herd des Ofens möglichst trocken zu halten und wurzelt in lokalen Verhältnissen. Der Ofen steht an einem Bergabhange und ist desshalb sehr geneigt gewesen, in der Herdunterlage, als dieselbe noch massiv war, Wasser aufzusaugen und in die Höhe zu bringen.

Rostanlage, Einsatzthür, Visire und Abstich sind in der gegenseitigen Beziehung ohne Weiteres verständlich (vergl. Dürre, Eisengiessereibetrieb I, S. 522, Taf. XIV); die Esse hat ca. 18 m Höhe, 860 mm im Quadrat. Der Ofen schmilzt rasch ein, wenn der von $2^1/_2 - 4^1/_2$ Tonnen wechselnde Einsatz in den bereits glühenden Ofen eingestzt wird; gewöhnlich dauert dann das Schmelzen 4 Stunden.

Aehnliche Oefen, nur in weit grösseren Dimensionen, z. Th. mit besonderen Aufbauten über dem Hinterherd hat man in Amerika und Schweden sowie am Ural erbaut, um Kanonen aus Gusseisen nach dem Rodman'schen Verfahren herzustellen. Der Verfasser hat in seinem Handbuch des Eisengiessereibetriebes S. 529, Taf. XVI die Profile dieser Oefen mitgetheilt und den Betrieb besprochen.

Der grösste dieser Oefen zeigt 1,84 qm Rostfläche, 5,76 qm Herdfläche (in horizontaler Projektion gemessen), 0,8 qm Feuercanal über der Feuerbrücke, 0,36 qm Fuchsquerschnitt, welcher in eine Esse von 1,3 m Durchmesser und 18 m Höhe führt.

Es verhalten sich, wenn die wirksame Rostfläche = 0,84 qm angenommen wird:

$$\frac{\text{Herdfläche}}{\text{Gesammtrostfläche}} = \frac{5{,}76}{1{,}84} = \frac{3{,}13}{1}$$

$$\frac{\text{Querschnitt über der Feuerbrücke}}{\text{Wirksame Rostfläche}} = \frac{0{,}80}{0{,}84} = \frac{1}{1}$$

$$\frac{\text{Fuchsquerschnitt}}{\text{Gesammtrostfläche}} = \frac{0{,}36}{1{,}84} = \frac{1}{5{,}14}$$

$$\frac{\text{Fuchsquerschnitt}}{\text{Wirksame Rostfläche}} = \frac{0{,}36}{0{,}84} = \frac{1}{2{,}5}$$

Weitere Beispiele solcher Oefen werden bei der Behandlung der Converterprocesse gegeben werden.

§ 106. Als Beispiel einer Flammofenconstruktion für leichte langflammige Brennstoffe mag das in Fig. 39 gegebene Profil gelten, welches einen früher für Lauchhammer construirten Flammofen mit Torf- resp. Braunkohlenbefeuerung darstellt. Derselbe gehört ebenfalls zu den Oefen mit vertieftem Herd und zeichnet sich durch eine vielleicht zu sehr niedergezogene Decke über dem Eisensumpfe aus.

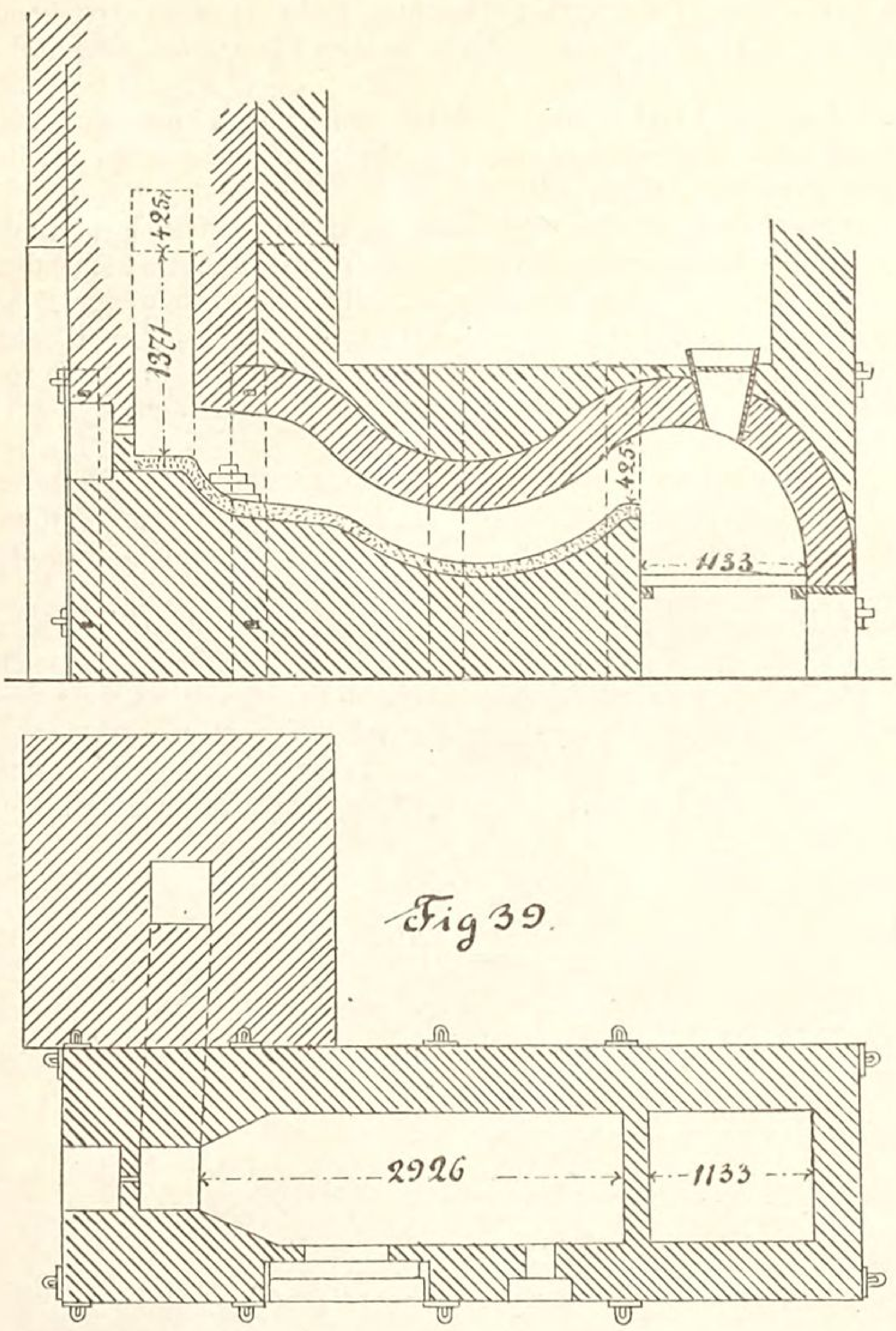
Bei Anfüllung des Sumpfes mit dem Eisen des geschmolzenen Einsatzes wird unter dem tiefsten Punkt der Decke nur wenig Raum für den Flammendurchgang bleiben. Allerdings tritt dieser Umstand ganz zuletzt ein, im heissesten Stadium des Betriebes und insofern kann dann den heissen Gasen der Flamme schon eine etwas grössere Geschwindigkeit zugebilligt werden als früher angenommen wurde, und als im Allgemeinen auch zweckmässig ist.

Die Rostfläche ist nicht so gross, als man bei einem so losen lockeren Brennstoff anzunehmen berechtigt wäre. Indessen wird anscheinend auf hohe Rostbeschüttung Rücksicht genommen, da in dem Deckengewölbe des Feuers die Aufgabeöffnung des Brennstoffes sich angeordnet findet.

Der Ofenraum selbst ist von gleicher Breite wie der Rost und erst kurz vor dem Eintritt in den Essenfuchs, der den Essenquerschnitt hat, zieht sich die Herdbreite zusammen.

Zwei Oeffnungen hat der Herd, welche auf dem Grundriss zu erkennen sind, eine zum Besetzen des hinteren Theils, die andere zum Abstechen, etwas mehr nach der Feuerbrücke zu gelegen als der tiefste Punkt der Mittellinie des Herdes. Die Decke des Ofens ist vollständig zugebaut und überdeckt, so dass eine sehr starke Strahlung nicht stattfinden kann. Die Stosswand des Feuers an der Schmalseite ist weiter in die Höhe geführt, um über dem Ofen einen Raum zum Trocknen des Torfes auszusparen. Dort wird derselbe vor dem unmittelbaren Gebrauch eingeschichtet, ähnlich, wie sich dies auch bei Holz- und Braunkohlen-Flammöfen von selbst ergibt.

Ueber den Betrieb des Ofens und seine Resultate ist nirgend etwas angegeben worden.



§ 107. Ausser den gewöhnlichen Flammofenconstruktionen, von welchen als Beispiele die genannten Feuerungen angezogen worden sind, wurden auch zu verschiedenen Zeiten die Gasfeuerungen versucht und auf die vereinzelte Einschmelzung von Einsätzen verwendet.

Bei Gelegenheit eines, 1. Decbr. 1884 von Friedr. Siemens gehaltenen Vortrags über ein neues Heizverfahren mit freier Flammenentfaltung erwähnt Schwartzkopff im Verlaufe der Debatte, wie man Ende der 50er Jahre bereits versucht habe, Roheisen im Siemens-Ofen zu schmelzen, wie man aber dabei kein Roheisen, sondern Schmiedeeisen aus dem Ofen bekommen habe.

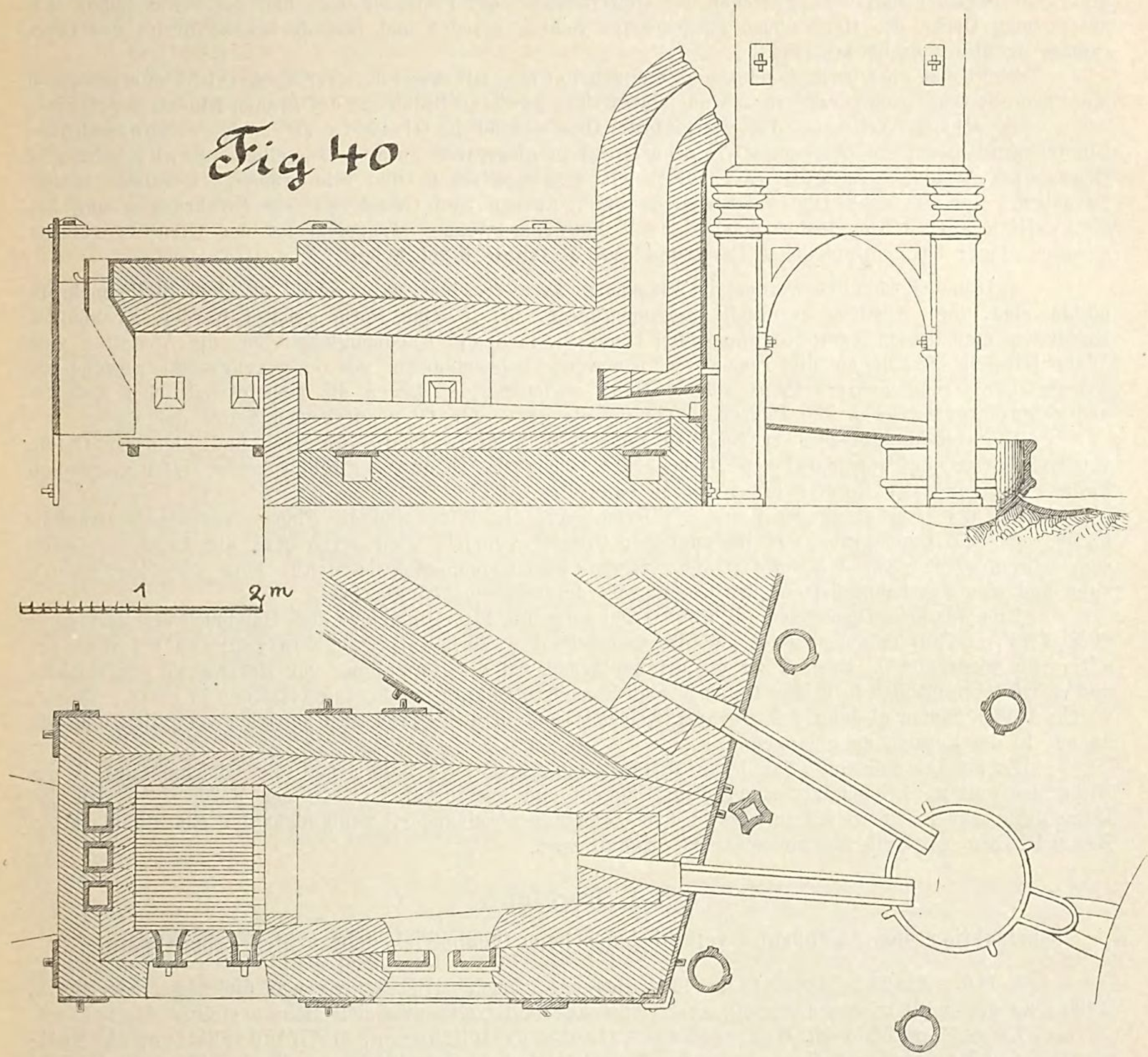
Eine etwas andere Construktion hatte ein für sehr schwere Stücke (15 bis 20 Tonnen) erbauter Ofen von Hoppe & Co. in Berlin, über welchen der Verfasser bereits an anderer Stelle (Handbuch des Eisengiessereibetriebes II, S. 360) Angaben gemacht hat. In diesen Bemerkungen wird gesagt, der Ofen sei in der Construktion nicht sehr von den gewöhnlichen Siemens-Oefen abgewichen, wie sie zur Fabrikation des Martinstahls benutzt wurden. Ueber Betrieb und Führung des genannten Apparates sei aber sonst nichts weiter bekannt geworden, auch wurde aus begreiflichen Gründen derselbe wenig oder nicht gern gezeigt.

Spätere Erkundigungen lassen vermuthen, dass Bau- und Betrieb dieses Ofens nicht durchaus mit denen des Siemens-Ofens übereinstimmen und dass es sich hierbei wesentlich nur um eine möglichst vollkommene Ausnutzung der Abhitze zur Vorwärmung der Luft, die zur Verbrennung der Gase dient, gehandelt habe — also um eine Art von Wiedergewinnung, wie sie bei den Puddelöfen weiterhin ausführlich beschrieben werden soll. Ein derartiger Ofen hat von der direkten Feuerung die Bequemlichkeit und Raschheit des Inbetriebsetzens, von der Gasfeuerung aber die während des Vollfeuers ausnutzbare Zurückführung der Abhitze an die Verbrennungsluft und dadurch die weitgehendste Steigerung der Temperatur neben erheblicher Brennstoffersparniss.

Trotzdem aber eine Gasfeuerung, wie die eben geschilderte leichter zu behandeln ist als das System vollständiger Aufspeicherung und Zurückführung der Wärme, wie es am Vollkommensten unstreitig im Siemens-Ofen sich darstellt, so werden ihre Vortheile erst dann bedeutend und treten deutlich hervor, wenn ein continuirlicher Betrieb möglich ist. Beim unterbrochenen Betrieb, bei der Ausführung einzelner Schmelzungen kommt nicht immer soviel Brennstoffersparniss heraus, um die immerhin etwas höheren Bau- und Anlagekosten gegenüber den gewöhnlichen Feuerungen zu compensiren. Aus dieser Wahrnehmung wird man wahrscheinlich das geringe Maass der Verbreitung von Halbgasöfen und Gasöfen überhaupt im Bereich der Eisengiesserei zurückzuführen haben.

§ 108. Eine Ofenart, welche auch für bestimmte Zwecke des Giessereibetriebes sich brauchbar zeigte und welche gleichzeitig als eine der ersten praktisch erfolgreichen Gasofenformen gelten kann, ist der auf Taf. III dieses Bandes dargestellte Eck'sche Feinofen. Wie schon der Name besagt, ist es ein zum Feinen, d. h. Entkieseln des Roheisens bestimmter Apparat, der das früher allein zu diesem Zweck benutzte englische Feinfeuer ersetzen sollte, in Bezirken, welche, wie der Oberschlesische, sehr billige Steinkohlen, doch ohne erhebliche Vercokbarkeit zur Verfügung haben.

Fig 40



Es ist deshalb ein an den Heizraum direkt sich anschliessender Vergasungsschacht vorgesehen, in welchem die Steinkohle durch Gebläsewind vergast wird, ohne dass ein Rost vorhanden. Der unterste Theil dieses Generatorschachtes ist, um die festgeschmolzenen Aschenreste zu entfernen, an der Seite mit einer durch eine eiserne Platte abgedeckten Oeffnung, die beim Betrieb zugemauert ist, leicht zugänglich gemacht. Die Schutthöhe beträgt über 1,5 m, so dass also eine wirkliche Vergasung eintreten muss. Der Wind strömt unten durch vier Oeffnungen ein und es sind dieselben, der besseren Durchdringung halber, in der Breitseite des Schachtes angeordnet.

Aus dem Schachte führt ein sich verbreiterndes und dadurch allmälig in das Profil des Herdgrundrisses übergehendes Flammenloch nach dem Schmelzraum, welcher einen hinlänglich grossen Herd enthält, um $2^1/_2$—3 Tonnen Einsatz aufzunehmen. Die Armatur des Herdes entspricht im Allgemeinen der der Puddelöfen insofern, als die Herdmulde durch eine gusseiserne mit Rändern versehene Platte gebildet wird, die ausser auf dem Mauerwerk von Feuerbrücke und Fuchs, auf Trägern aufruht und von

unten her Kühlung erhält. Die Seiten des Herdes sind, wie bei den Puddelöfen speciell noch gezeigt werden soll, mit Kühlungskästen versehen; ausserdem ist aber der Herd selber mit Sand ausgeschlagen, auf welchem die Einsätze gemacht werden.

Die beiden an den Langseiten einmündenden Düsenrohre sind bestimmt, beim Feinen der Einsätze Luftströme auf die Oberfläche des geschmolzenen Metalls zu leiten und diese Fläche in Bewegung zu setzen.

Die Gase des Generatorschachtes werden ihrerseits durch einen breiten aber dünnen Windstrahl verbrannt, welcher in einem, zwischen der Gewölbedecke des Flammencanals und der etwas höher sich absetzenden Decke des Herdraumes ausgesparten Schlitz mündet und fast die ganze Breite des Ofenraumes an dieser Stelle bestreicht.

Stellt man die Oberflächendüsen ab und arbeitet man mit etwas besserer Kohle (nicht zu staubig), so kann man die Oxydation verzögern und nur bis zu einer gewissen Halbirung des grauen Einsatzes gelangen.

In solcher Weise ist der geschilderte Ofen sowohl in Gleiwitz als auch in Königshütte benutzt worden, um ein geeignetes Walzenmaterial in giessbarer Form herzustellen. Brand behauptet (Karsten's Archiv, 2 R. XVII—XX, XXI) mit dem Eck'schen Ofen sehr günstige Resultate erzielt zu haben. Der Verfasser Dieses ist gegentheiliger Ansicht, auf Grund späterer Erfahrungen und hat dies auch a. a. O. (Eisengiessereibetrieb II, S. 359) dargethan. Trotzdem ist der Ofen zu rühmen gewesen, da er bei continuirlicher Besetzung gute Resultate ergeben hat.

§ 109. Gewöhnlich werden die Flammöfen so angeordnet, dass, sobald an einer Stelle mehrere nöthig sind, ihre Abstiche eventuell zusammenführen, um in eine Form geleitet werden zu können. Etablissements, die vorzugsweise Flammöfen benutzen, z. B. die Kanonengiessereien, die Anstalten zum Walzengiessen etc., legen die Flammöfen paarweise nebeneinander mit entgegengesetzt gewendeten Arbeitsseiten. Sind mehrere Paare solcher Oefen vorhanden, so liegen die gemeinschaftlichen Arbeits- und Schürplätze zwischen den Paaren, sowie für die äussersten Ofen auf beiden Seiten der Reihe.

Die Geschützgiesserei zu Spandau zeigt z. B. mehrere Paare grösserer und kleinerer Oefen, von welchen je ein Paar immer eine Dammgrube beherrscht, so dass der Inhalt beider Oefen gegebenen Falls bequem in eine Form geleitet werden kann.

Bei der Geschützgiesserei des Artilleriearsenals in Wien sind die Flammofengruppen strahlenförmig um eine Dammgrube von hinlänglicher Grösse gruppirt, nach deren Axe die Axen der Oefen convergiren, so dass für den Nothfall die gesammte Flammofenproduktion einer Form zugeführt werden kann und man überhaupt betreffs der Oefen wohl durchaus unabhängig ist.

Eine ähnliche Disposition für zwei Oefen zeigt die Fig. 40, welche dem Handbuch des Verfassers (Taf. XXV, S. 796) entnommen ist und die thatsächlichen Verhältnisse zu Königsbronn bei Wasseralfingen wiedergibt*). Speciell ist die dortige Arbeit auf die Herstellung von Hartwalzen eingerichtet und es wird vermuthlich in beiden Oefen je eine besondere Charge zusammengesetzt und in Fluss gebracht, welche beiden Sorten alsdann mit einander sich mischend in dem Giesskessel zunächst verweilen, um von da aus in die Formen zu gelangen.

Es ist das unbedingt das beste Mittel, reine Güsse zu erhalten und die Gleichmässigkeit des Eisens so weit zu treiben, als es überhaupt angeht und ausführbar ist. In der Form setzt sich das Eisen doch sehr leicht wieder in verschiedene Schichten auseinander, wenn nicht der Einsatz in seinen Bestandtheilen sehr gut zusammenpassend gewählt war.

4. Kapitel.

Construktion und Ausführung verschiedener beim Ofenbetrieb gebrauchter Nebenapparate.

§ 110. Als Nebenapparate des Eisengiesserei-Schmelzbetriebes kann man diejenigen bezeichnen, welche zu diesem Betrieb nothwendig sind, ohne welche derselbe also sich nicht ausführen lässt.

Es gehören dahin die Gebläse, die Aufgebevorrichtungen, die Winderhitzer; die Fallwerke oder Rammen zum Zerkleinern des Materials sind dagegen Apparate, die den Ofenbetrieb allerdings bedienen, ohne jedoch in irgend welcher näheren Beziehung zu ihm zu stehen.

Alle diese Apparate besitzen nur eine untergeordnete Wichtigkeit gegenüber der Construktion und dem Betrieb der Oefen selber, welche von weit grösserem Einfluss auf das Resultat des Betriebsganges sind. Aus diesem Grunde sind sie in Ausführung und Anordnung bei dem älteren und dem kleineren Betrieb stets vernachlässigt gewesen und ebenso findet man auch heute noch die beste Disposition der Nebenapparate bei den grösseren Anlagen und Einrichtungen.

Die für Eisengiessereien erforderlichen Gebläse fallen zusammen mit den S. 313 des I. Bandes ganz im Allgemeinen charakterisirten Einrichtungen und werden im Folgenden nur weiter ausgeführt; dagegen schliessen sich die übrigen Nebenapparate den im I. Bande behandelten analogen Betriebsvorrichtungen weniger an und haben grösstentheils abweichende Verhältnisse.

*) Durch ein Versehen ist der Mauerquerschnitt links vom Brennstoffeinwurf, in der oberen (Profil-) Ansicht nicht schraffirt worden.

A. Von den Gebläsen der Eisengiessereien.

§ 111. Die Eisengiessereien benutzen heutzutage zum Betrieb ihrer Cupolöfen wohl kaum noch ein wirkliches Cylindergebläse, sondern arbeiten theils mit Ventilatoren, theils mit Kapselrädern.

Früher fand man auf älteren Eisenwerken auch noch Cylindergebläse vor, um die Cupolöfen zu betreiben; zu welchen Missständen, abgesehen vom Kostenpunkt, diese Beibehaltung eines viel zu leistungsfähigen Apparates führte, ist in des Verfassers Eisengiessereibetrieb (2. Auflage, S. 584) an einem Einzelfall nachgewiesen worden.

Der Grund dafür liegt wohl weniger an einer principiellen Ungeeignetheit der Cylindergebläse, als daran, dass mit den für die Eisengiessereipraxis angewandten Ausführungen der Cylindergebläse nicht das rechte Verhältniss zwischen Spannung und Luftmenge hervorgebracht wurde. Es kam vor, dass die Sicherheitsventile der Regulatoren oder der Windleitungen sich öffneten, ohne dass die Oefen genug Wind hatten oder es war in einem anderen Fall erforderlich, die Kolbengeschwindigkeit über die für Cylindergebläse rathsame Grenze hinaus zu steigern, um das beabsichtigte Durchsetzquantum zu erreichen.

Der sehr mässige Nutzeffekt, die hohen Kosten der Unterhaltung, Wartung etc., treten dazu, so dass man heute nicht mehr begreift, wie überhaupt von einer Benutzung der Cylindergebläse beim Giessereibetrieb noch die Rede sein kann.

Ventilatoren.

§ 112. Redtenbacher's Definition, dass der Ventilator eine Maschine sei, vermittelst welcher atmosphärische Luft oder eine andere Gasart von einem Ort nach einem anderen gebracht und dabei mehr oder weniger verdichtet werde, bezieht sich allerdings vorwiegend auf die Fälle, wo der Lufttransport aus einem Raum stattfindet, welcher mit einem anderen Raum, nach welchem die Luft befördert wird, so zusammenhängt, dass eine Druckausgleichung stattfinden kann.

Beim Cupolofenbetrieb tritt dieser Fall nur dann ein, wenn man in den leeren Ofen bläst und dann allerdings beobachtet man nicht die mindeste Spannung in der durch den Ofen gehenden Luft. Sobald aber der Ofen gefüllt wird, bilden sich Widerstände aus, welche den Durchgang der Luft hindern und sofort das Eintreten einer Spannung hervorbringen. Die Spannung der Luft steigt dann unter Umständen auf eine bei Hochöfen beobachtete Höhe, obwohl die mittlere Cupolofenspannung in der Regel darunter bleibt und sich auf 0,05 m Quecksilber oder 0,07 Kilo pro qcm beläuft (vergl. S. 313, Bd. I.). Jene besonderen, den Druck so sehr steigernden Umstände bestehen hauptsächlich in sehr grosser Ofenhöhe, Missverhältniss zwischen Höhe und Durchmesser, unregelmässiger Stückgrösse der Materialien und analogen Einflüssen.

Berechnen lässt der Widerstand sich kaum; wenn auch derartige Berechnungen schon vorliegen, so sind sie doch in dem Resultat sehr unsicher und stimmen nur zufällig mit dem Ergebniss der praktischen Erfahrung überein.

Naturgemäss wirkt der entstandene Widerstand auf den Kraftbedarf des Ventilators ein und es hat deshalb der Betrieb ein Interesse daran, den Widerstand zu vermindern und namentlich gleichmässiger zu gestalten. Dies kann eines Theils durch vollkommene Gleichstückigkeit der Materialien geschehen, anderen Theils aber auch durch eine passende Form des Schachtes und eine geschickte Dimensionirung der Windzulässe.

Die in den §§ 88 u. ff. beschriebenen neuen Cupolofengestaltungen entsprechen den Voraussetzungen gleichmässiger Verringerung der Widerstände nach jeder Hinsicht, so dass dieser Punkt nicht mehr von solchem Einfluss ist. Die Gleichmässigkeit der Grösse und der Form des aufgegebenen Materials anlangend, ist der neuere Betrieb auch sehr gegen den älteren Betrieb vorangeschritten und sowohl die Güte der Cokes als auch die Gleichmässigkeit des Eisens haben in dieser Beziehung erhebliche Verbesserungen erfahren. Es gilt dies naturgemäss mehr von dem grossen und dadurch regelmässigeren Betrieb; der kleine Einzelbetrieb vermag nicht immer in gleicher Weise zu arbeiten, sondern muss sich hie und da nach der Decke strecken.

§ 113. Betreffs der Construktion und des Betriebs der Ventilatoren mögen nachstehende, auf Erfahrung beruhende Sätze um desswillen Platz finden, weil man sich Ventilatoren zur Noth selber machen kann und nicht immer eines Specialisten bedarf.

St. Léger hat bereits 1837 die folgenden, später von Rittinger vollkommen bestätigten Sätze aus seinen Versuchen gefolgert:

1. Bei constantem Ausflussquerschnitt ändert sich die Ausflussmenge mit der Umgangsgeschwindigkeit;

2. Bei constanter Umgangsgeschwindigkeit ändert sich die Ausflussmenge mit dem Ausflussquerschnitt;

3. Bei gleichem Ausflussquerschnitt stehen die Pressungen in geradem quadratischen Verhältniss zu den Umgangszahlen;

4. Bei gleicher Umgangsgeschwindigkeit stehen die Pressungen im umgekehrten Verhältniss des Ausflussquerschnittes;

5. Beim Schluss einzelner Düsen ist die daran beobachtete Pressung stets grösser als an der offen gebliebenen Düse.

Die Sätze, welche St. Léger aus seinen Versuchen ableitete, sind insofern eben noch heute von Werth, weil die Versuche mit einem Ventilator angestellt wurden, der direkt in einen Cupolofen blies, weil also ein concreter Eisengiessereifall vorlag.

Merkwürdig war hierbei die Wahrnehmung, dass, wenn der Ventilator in die freie Luft blies, der Ventilator langsamer und schwerer umgehe und dass der frühere Gang eintrat, wenn man den Ausflussquerschnitt um $19/_{00}$ verringerte. Rittinger schreibt diese auffallende Erscheinung dem Umstande zu, dass beim Blasen in die Gluth das vorliegende Brennmaterial den Ausflussquerschnitt verkleinere und dass weniger Wind in Bewegung versetzt, also auch weniger Kraft consumirt werde. (Centrifugalventilatoren und Centrifugalpumpen von P. Rittinger, S. 268, § 64. Wien 1858.)

Demnach würde im Fall eines verminderten Ausflusses überhaupt weniger Luft im Ventilator voranbewegt und es bliebe ein mehr oder minder grosser Luftvorrath im Apparat zurück.

Andere Versuche, welche Cadiat anstellte, und welche sich an dieses Ingenieurs Arbeit über Turbinen anschlossen, beziehen sich vorzugsweise auf den Einfluss des mehr oder minder engeren Anschlusses des Gehäuses an die Flügel. Es ergaben sich daraus die nachstehenden sehr bedeutungsvollen Folgerungen, deren Richtigkeit später vollauf Bestätigung fand.

1. Der Anschluss des Flügelrades an den Mantel ist **nicht nothwendig**; Letzterer kann das Flügelrad in beliebigem Abstand concentrisch umschliessen.

2. Die Wirkung ist ein Maximum, wenn die Ausströmungsöffnung 0,4—0,6 einer Flügelfläche beträgt.

3. Die Wirkungen wachsen im kubischen Verhältniss der Umgänge.

§ 114. Ebenfalls von praktischem Interesse sind die Arbeiten von E. Dollfuss, welche auf Versuchen mit zwei Ventilatoren von bezw. 0,4 und 0,6 m Durchm. beruhen, die eigens zu diesen Versuchen construirt und so gebaut waren, dass mittelst sinnreicher Einrichtungen sich alle einzelnen Grössen davon abändern liessen.

Zweck der Versuche war die Prüfung der in einer theoretischen Denkschrift, die zur eventuellen Prämiirung eingereicht, war aufgestellten Daten über die besten Constructionsverhältnisse der Ventilatoren und der Ausfall der Versuche veranlasste die Zurückweisung der Denkschrift.

Die von Dollfuss ermittelten Constructionsregeln sind folgende:

1. Im Gehäuse werden am Besten zwei Saugöffnungen angebracht und es soll der Durchmesser einer jeden derselben $62/_{00}$ vom Durchmesser des Flügelrades betragen. Bei der Emittelung dieser Verhältnisse wurde auch die Form der Oeffnung in Betracht gezogen und gefunden, dass eine ovale, mit der längeren Axe gegen den Blasehals gerichtete Form der Saugöffnung vortheilhafter sei als eine kreisrunde oder concentrische Gestaltung.

2. Die Flügelradbreite soll 1,5 mal so gross sein, als der Durchmesser des Flügelrades und man kann damit bis auf das 8,8 fache heruntergehen. Hierzu ist noch die Bemerkung zu machen, dass die Versuche den möglichst genauen Anschluss der Flügel an das Gehäuse in der Richtung der Breite als vortheilhaft erkennen liessen.

3. Die Breite der Blaseöffnung ist jener des Flügelrades gleich zu machen; der grösste Abstand des Mantels von der Flügelperipherie soll 0,8, die Blasehalshöhe dagegen 1,4 des Flügelraddurchmessers betragen. Hierbei schliesst sich der Mantel einerseits an die obere Fläche des Blasehalses scharf an und geht andererseits spiralförmig, um die Flügelradperipherie sich wickelnd, in die untere Fläche des Halses über, so dass der tiefste Punkt der Flügelradperipherie noch um 0,6 des Flügelraddurchmessers tiefer liegt als die obere Fläche des Blasehalses.

4. Betreffs der Flügelzahl, so bestimmt sich dieselbe dadurch, dass sie an der Peripherie des Flügelrades 0,21 m von einander stehen. Ist der Flügelraddurchmesser d in Metern, so ist die Flügelzahl n demnach $= \frac{\pi d}{0,21}$.

5. Die Flügellänge soll 0,55 des Flügelraddurchmessers betragen, so dass die inneren Flügelkanten in einer Kreisperipherie von 0,45 des Flügelraddurchmessers sich befinden. Dieser Innenkreis ist mithin etwas kleiner als jede der beiden Einströmungsöffnungen für die Luft.

6. Bezüglich der Gestalt und Stellung der Flügel wurde ermittelt, dass die von der inneren Peripherie radial auslaufenden und gegen die äussere Peripherie etwas concav geformten die Besten sind. Man kann diese Flügelform als eine vorwärts gekrümmte bezeichnen.

Ausser den eben zusammengestellten bestimmteren Resultaten und der Ermittelung, dass die Pressungen wie die Quadrate der Umlaufszahlen wachsen, fand Dollfuss noch, dass mit zunehmender Länge der Windleitung unter sonst gleichen Umständen die nothwendige Betriebskraft abnehme.

Diese für die Praxis der Eisengiesserei wichtige Erfahrung erklärt er dadurch, dass durch die Verlängerung der Windleitung zunächst die Pressung abnehme und dass in Folge dessen die Windmenge und die Betriebskraft sich vermindern müssten.

§ 115. Anderweitige praktische Versuche sind von Tunner (Stabeisen- und Stahldarstellung in Frischherden, 1846, S. 177 u. 178) mitgetheilt, welche sich zumeist auf die Betriebsumstände der Ventilatoren und die Grenzen ihrer nützlichen Anwendung beziehen. Die Versuche sind durch v. Burg in Wien ausgeführt worden, mit einem Ventilator, der sechs leichtgekrümmte Blechflügel hatte, welche nicht radial, sondern um 30^0 gegen den Radius geneigt standen. Sie liefen in dem cylindrischen Gehäuse excentrisch um, indem der Flügelkreis an der Ausmündung dem Gehäuse sich beträchtlich näherte, während er auf der entgegengesetzten Seite davon entfernt blieb, ca. $10/_{00}$ des Gehäusedurchmessers.

Der Ausströmungscanal, wie das ganze Gehäuse ca. 0,3 des Gehäusedurchmessers breit und nicht ganz 0,26 des Durchmessers hoch, verengte sich an dem 1,6—1,7 m entfernten Ende um etwas, während die Einströmungsöffnungen verstellbar, d. h. von veränderlicher Weite, waren.

Die Versuche selbst richteten sich auf die Steigerung der Umlaufszahlen und die allmälige Vergrösserung der Einströmungsöffnungen; in einem Fall wurde auch die Wirkung des theilweisen, später des totalen Abschlusses der Ausströmungsöffnung untersucht. Der Eindruck, den man von diesen Versuchen erhält, ist der, dass die Leistung des Ventilators (durch Manometer gemessen) wesentlich durch die Steigerung der Umlaufszahlen hervorgebracht wird und dass alle übrigen Umstände weniger darauf einwirken.

Tunner bemerkt selber, dass man bei der Ausführung der einzelnen Theile des Ventilators durchaus nicht sehr ängstlich zu sein brauche, indem selbst bedeutende Abweichungen hierin fast noch ganz dieselben Resultate geliefert hätten.

Ausserdem zeigten die v. Burg'schen Versuche auch die wichtige Thatsache, dass bis zu einer gewissen Grenze es völlig gleichgültig sei, ein oder mehrere Feuer (seien es Schmiedeessen oder Cupolöfen) zu bedienen; immer sind Windmenge und Pressung nahezu gleich. Man muss deshalb annehmen, was ja auch schon Rittinger nach den Versuchen St. Léger's folgerte, dass genau nach Bedarf, wenig oder viel atmosphärische Luft nachtritt und dass die Luft durch die Ausströmungsöffnung mit einer bestimmten, mehr von der Geschwindigkeit der Flügel als von der nachgeströmten Luftmenge abhängigen Pressung, ausgetrieben wird.

§ 116. Die praktischen Regeln, welche Tunner weiterhin an die Besprechung dieser Versuche knüpft, betreffen den Bau wie den Betrieb der Ventilatoren und können noch heute als gültig angesehen werden.

Die vortheilhafteste Gestalt für die Flügelflächen wäre die quadratische, wobei darauf zu sehen ist, dass möglichst wenig Spielraum zwischen Gehäusewand und Flügelwand übrig bleibe. Nur bei hohem Druck (einem Fall, der heute im Bereich des Ventilatorenbaues eine Beachtung kaum mehr finden dürfte) sind die Flügelflächen mehr schmal und hoch zu machen, weil der Widerstand mit der Flügelbreite wächst, ohne das Quantum zu beeinträchtigen.

Zur Flügelfläche muss auch der Ausströmungsquerschnitt in einem bestimmten Verhältniss stehen, weil bei Verringerung desselben die Widerstände unnöthig wachsen, bei einer Vergrösserung dagegen der Effekt sich vermindern würde.

Legt man einen Ventilator an, so hat man nach Tunner zunächst die Summe aller Düsenquerschnitte festzustellen, die im Maximum mit Wind zu versorgen wären. Gleich oder etwas grösser darf die Ausströmungsfläche im Ventilator sein und ebenfalls muss dieser Grösse die Flügelfläche des Ventilators entsprechen.

Im Fall aus irgend welchem Grunde die Breite des Gehäuses bereits festgesetzt worden wäre, so berechnet sich die Höhe der Ausströmungsöffnung demnach ganz leicht aus dem gefundenen obigen Querschnitt und der Gehäusebreite. Entsprechend müsste dann auch die Flügelfläche construirt werden und auch der Gehäusedurchmesser ergäbe sich dann aus einer einfachen Calculation, indem erst der Durchmesser der Einströmungsöffnung gesucht würde (welche etwas grösser zu bemessen wäre als die Ausströmungsöffnung) und dann die Höhe der Flügelfläche dazu käme, endlich noch etwas Spielraum für den Umlauf und die etwaige Excentricität.

In Betreff der Windleitung spricht Tunner sich dahin aus, dass eine Verengung derselben vom Ventilator ab nach den Düsen zu schädlich, weil Reibungen und Widersände erzeugend, zu vermeiden sei, dass aber eine Erweiterung nichts schaden könne, weil eben die Reibung verringert würde. Selbstverständlich darf eine derartige Erweiterung nicht über eine gewisse Grenze hinausgehen.

Tunner bezieht sich, um seine Behauptungen zu unterstützen, auf die Verhältnisse eines englischen Ventilators, der zwei Cupolöfen versorgte und in bescheidenen Verhältnissen construirt war, 30 Zoll englisch Durchmesser bei 10 Zoll Breite des Gehäuses, in dem die vorhandenen vier Flügel sich concentrisch drehten.

§ 117. Die bisher aufgerollten Versuchsreihen sind durch anderweitige Arbeiten sehr bereichert worden, welche von Buckle herrühren und auf der Bridgewaterfoundry bei Birmingham angestellt sind. (Berg- und Hüttenmännische Zeitung, Jahrg. 7, 1848, S. 113 und daraus Dürre, Eisengiessereibetrieb I, S. 602.) Es liegt eine Tabelle über 32 Versuche vor, aus welcher Tabelle deutlich hervorgeht, dass der grösste Nutzeffect eintritt, wenn an dem Ventilator zwei Saugöffnungen von 0,40 des Radius (vom Gehäuse) gegeben sind, welche Dimension auch im Interesse der Reibungsverminderung auf 0,50 Radius gesteigert werden kann.

Die Breite soll 0,5 des Radius, die Excentricität 0,20 des Radius und die Höhe des Blasehalses 0,5 Radius gehalten werden.

Ein Zusammenfallen der inneren Flügelperipherie mit der Peripherie der Saugöffnung wird als erwünscht bezeichnet.

Bezüglich der Drucke oder Pressungen ergaben die Buckle'schen Versuche ähnliche Resultate, wie die früheren Versuche, ebenso hinsichtlich der Ausflussgeschwindigkeiten. Die Windrohrlänge erwies sich als ohne Einfluss, sobald nur eine genügende Weite vorhanden.

Jones machte zu den Versuchsdarlegungen Buckle's noch die vollkommen wichtige Bemerkung: Die Wirkung der Ventilatoren bliebe gewöhnlich desshalb zurück, weil man zu kleine Ein- und Ausströmungsöffnungen construire und überall Quellen der Reibung eröffne. Weiter sei ein genaues Einlegen und Ausgleichen des Flügelrades auf der Axe erforderlich, damit ein Schleudern oder Schlenkern nicht einzutreten vermöge und ebenso müsse eine sorgfältige Kraftübertragung da sein, so dass der Riemen weder zu stark gepresst aufläge, noch auch gleiten könne.

Mit zwei Ventilatoren der Bridgewaterfoundry wurden damals schon täglich 50—60 Ton Eisen mit 208 Pfund Cokes geschmolzen und nebenher noch 50 Schmiedefeuer versorgt. Dabei betrug die bewegende Kraft nur 8 Pferde und die nominelle Stärke der Maschine 12 Pferde. Die Maschinenkraft bewegte zunächst direkt eine Welle mit 73 Touren, von der aus eine Uebertragung mittelst Riemenbetriebes (7zölliger Guttapercha-Riemen) auf die Scheiben der Ventilatoren stattfand, die ihrerseits 750 Touren pro Minute machten.

Der Wind ging mittelst sehr geräumigen Windrohres nach einem unter den Cupolöfen liegenden grossen Windkasten, auf welchem die Düsenstöcke der Oefen sich befanden und entsprechend versorgt wurden.

Andere Versuche von Sabloukoff und von Letoret führt Scheerer in der Allgemeinen Hüttenkunde I, S. 437 auf, deren Resultate wesentlich dasselbe ergeben haben wie die bereits besprochenen Versuchsreihen.

§ 118. Die älteren theoretischen Arbeiten von Redtenbacher, Wiebe, Rittinger*) u. A. haben nicht immer zu praktisch brauchbaren Construktionen geführt, sondern vielfach zu Misserfolgen bei der nachherigen Inbetriebsetzung der nach den Entwürfen der genannten Construkteure erbauten und ausgeführten Mechanismen.

Es ist z. B. der Fall bekannt, dass ein nach allen Regeln der Kunst erbauter Ventilator $1\frac{1}{2}$ mal so viel Kraft verbrauchte, als ein ganz einfach und roh erbauter anderer Apparat, um eine Maximalleistung zu geben, nur dass trotzdem diese Maximalleistung bei dem einfachen Apparat eine weit höhere war als bei dem angeblich theoretisch ganz genau durchconstruirten.

Neuerdings sind von einzelnen französischen Autoren Arbeiten über den Ventilationsbetrieb geliefert worden, welche von einfacheren Voraussetzungen ausgehen und auch mit einfacheren Mitteln operiren.

Zunächst ist die vollständige Arbeit von Devillez in seiner „Ventilation des mines" (Mons 1875) zu erwähnen, wo er auf S. 174 auch von den blasenden Ventilatoren spricht und die geringen Unterschiede hervorhebt, welche die Theorie der saugenden Ventilatoren erleidet, sobald sie auf die blasenden Ventilatoren angewendet werden soll.

„Die Theorie des blasenden Ventilators, sagt Devillez, differirt nicht merklich von der (vorher „ausgeführten) Theorie des saugenden Ventilators; verändert ist eigentlich nur die Dichtigkeit der „Luft, auf welche der Ventilator wirkt, d. h. aus welcher er schöpft und welche etwas grösser sein „dürfte als die der Luft, aus welcher der Grubenventilator saugt".

Eine sehr interessante, weil sehr einfache Auffassung der Ventilatorenarbeit gibt Murgue („Bulletin de la société de l'industrie minérale IX", deutsch als Brochüre von J. von Hauer, Leipzig 1884). Leider bezieht auch diese Arbeit sich wesentlich auf die Grubenventilation, also auf saugende Verhältnisse, berührt aber doch in einem Punkt die Praxis der Blaseventilatoren — nämlich in dem Einfluss der

*) J. von Hauer folgt in seinen Hüttenmaschinen wesentlich den Lehren Rittinger's.

Durchgangsöffnung des Ventilators auf das Verhältniss zwischen Windmenge und Pressung. Je kleiner die Durchgangsöffnung, d. h. der durchschnittliche Querschnitt des Luftstromes, welcher den Ventilator passirt, desto höher ist die Pressung und desto geringer die Luftmenge; daraus folgt, dass kleine und knapp dimensionirte Ventilatoren hinsichtlich der Luftlieferung hinter den grösser dimensionirten Apparaten zurückstehen können, auch wenn sie hinsichtlich des Druckes ihnen gleich kommen. Da bei der, dem Ventilator im Schmelzbetrieb angewiesenen Rolle es aber viel mehr auf Luftlieferung als auf Pressung ankommt, so macht man einen grösseren Fehler durch Bau und Betrieb eines sehr kleinen Ventilators als durch Anordnung eines vielleicht etwas voluminöseren.

§ 119. Eine neue Versuchsreihe mit blasenden und saugenden Ventilatoren wird mitgetheilt durch L. Ser und vorgelegt durch Tresca in einer Sitzung der Pariser Akademie, 31. März 1884. (Comptes rendus 98, S. 783.)

L. Ser hatte 1878 einen Versuch einer Theorie der Centrifugalventilatoren veröffentlicht, welche Theorie auf die Principien rationeller Mechanik basirt war und erhielt damals 3 Formeln

$$E = m \frac{d}{g} \omega^2 r_1^2 \left(1 - \frac{r_0}{r} \frac{\cos \gamma}{\cos \Theta}\right)$$

$$Q = \mu 2 \pi r_0^3 \omega \, tg \, \Theta$$

$$T = \frac{1000 \, Q E}{\varrho}$$

worin

E die producirte Pressung oder Depression in Wassermetern,
Q die producirte Luftmenge in Cubikmetern pro Sekunde,
T die Arbeit in Kilogrammmetern pro Sekunde,
r_1 den äusseren Radius der Flügel; r_0 den inneren Radius derselben,
γ den Winkel des letzten Flügelelements mit dem Umkreis r_1,
Θ den Winkel des ersten Flügelelements mit dem Umkreis r_0,
d die Dichtigkeit der Luft, g die Acceleration der Schwere,
m, π, ϱ beziehungsweise das manometrische, volumetrische, dynamometrische Ausbringen (französisch = rendement) bedeuten.

Geneste Herscher & Co. haben nach diesen theoretischen Angaben einige Ventilatoren construirt, von denen zwei, ein blasender und ein einsaugender, Gegenstand der Versuche gewesen sind.

Der blasende Ventilator besteht aus einem Rade von 0,50 m Durchmesser, gebildet durch eine Scheibe, auf der 32 krumme Flügel befestigt sind. Die in der Mittelregion angesaugte Luft wird durch die Drehung der Flügel in eine spiralförmig angeordnete Umhüllung geschleudert, welche sie nach einem Windcanal von Ω = 0,0610 qm führt.

Tresca hat im Versuchsprotocoll folgende Sätze gegeben:

1. Der dynamometrische Effekt des Ventilators bewegte sich von 0,521—0,630, im Mittel beträgt derselbe mithin 0,604;

2. Die Luftlieferung des Ventilators entspricht thatsächlich den Formeln der Theorie;

3. Die Pressung von der Ausströmungsöffnung ist im Mittel fast doppelt so gross als die, welche der Geschwindigkeit der Flügel (genau 1,855) entspricht;

4. Die Luftlieferung, auf die Pressung des Versuchsraumes berechnet, ist 10 mal so gross als das Rotationsvolumen der Flügel.

Die Versuche, sowie weitere allgemeine Schlüsse zeigen, dass mit relativ geringen Dimensionen und Rotationsgeschwindigkeiten, ein Centrifugalventilator dennoch beträchtliche Volumina von Luft geben kann, ebenso starke Pressung und einen, anderen mechanischen Apparaten entsprechenden Nutzeffekt.

§ 120. Auch Mallet, einer der ersten englischen Giesserei-Ingenieure, gibt im VIII. seiner Aufsätze: On some points of practice in ironfounding (Practical mechanics Journal Serie III, Vol. 2, S. 162) sehr brauchbare Winke über Berechnung und Bau der Ventilatoren.

Er empfiehlt zunächst die Allen'sche Dampfmaschine (mit 7—800 Fuss englisch Kolbengeschwindigkeit pro Minute) zum Betrieb der Ventilatoren, bezeichnet dann die Anlage eines kleinen schweren Schwungrades als vortheilhaft und verlangt eine Riementransmission mit verdoppelter Uebersetzung, um 14—1600 Touren des Ventilators leicht hervorbringen zu können.

Das Schwungrad soll sowohl Reibungen als auch Widerstände leichter überwinden und z. B. das partielle Schliessen der Ausströmungsöffnungen für die Maschine weniger empfindlich machen.

Um eine bestimmte Dichtigkeit des Windes hervorzubringen, muss eine bestimmte Peripherie-Geschwindigkeit vorhanden sein, welche nun in der Praxis auf zweierlei Weise erzielt werden kann — einmal durch den langsamen Gang eines recht grossen; dann durch den raschen Gang eines kleinen Ventilators. Da aber bei dieser doppelten Veränderung

in Gang und Dimension das Verhältniss zwischen Volumen und Pressung nicht gleich bleibt, so ist die Wahl des einen oder des anderen der beiden Modus für einen und denselben Zweck nicht vollkommen gleichgültig.

Man wird auch nach Mallet, für den Cupolofen der Eisengiesserei, die Anwendung eines kleinen aber raschlaufenden Ventilators vorziehen, weil hierbei auch bei geringerem Luftvolumen eine stärkere Pressung möglich ist, also die Ueberwindung der vorhandenen Schmelzsäulen-Widerstände.

In der Ausführung der Ventilatoren sind nach Mallet drei Hauptpunkte zu berücksichtigen, neben deren Einfluss die Folgen einer verschiedenen Gestaltung der einzelnenen Theile des Apparates unwesentlich erscheinen.

Die erste und für den leisen Gang des Apparates wichtigste Eigenschaft der Construktion ist der freie Wirbel der austretenden Luft, d. h. ein hinreichender Zwischenraum zwischen Schaufelrad und Gehäuse, um die Luft ohne zu grossen Wechsel in der Geschwindigkeit, also ohne Stösse, in die Leitung gelangen zu lassen.

Die zweite Regel ist Anordnung reichlicher Ein- und Ausströmungsöffnungen und die Ausrundungen aller Ecken und Winkel.

Die dritte Regel ist möglichste Berücksichtigung des Einflusses dünner Wände und der darin ausgeschnittenen Ausströmungsöffnungen auf Geschwindigkeit und Reibung des durchstreichenden Luftstromes.

Mallet kommt zu dem praktischen Schluss, dass für den stärksten Pressungsbedarf englischer Giessereien Ventilatoren von 5 Fuss englisch Durchmesser nicht übermässige Apparate genannt werden dürften.

§ 121. Bezüglich ausgeführter Ventilatoren mag hinsichtlich der Dimensionen etc. Folgendes noch angeführt werden.

Karsten beschreibt Bd. II. seiner Eisenhüttenkunde, 3. Auflage, § 572, S. 483 einige Fälle, doch ziemlich unvollkommen, wozu auf Taf. VIII des Atlas, Fig. 7—9 und 10—12 die erforderlichen Abbildungen sich finden.

Guettier (traité de la fonderie etc.) beschreibt (S. 174) einen einfachen Ventilator mit geraden Schaufeln und schliesst daran einige praktische Betrachtungen. Zunächst bemerkt er, dass die Umlaufszahl nicht unter 1200—1300 Touren, aber nicht mehr als 1800 Touren betragen dürfe, wenn nicht ein Effektverlust eintreten solle. Bei mehr als 1800 Touren wende man eine unnütze Kraft an, ohne den Effekt nur irgendwie zu steigern.

Die Windleitung soll einen ebenso grossen und besser noch etwas grösseren Querschnitt haben, als die Ausströmungsöffnung, wobei auf die Ausrundung aller Winkel der Leitung zu sehen ist, um das Entweichen des Windes nach den Düsen hin zu erleichtern. Der Abfluss der Luft wird dadurch noch vergrössert, dass man weite Düsen von 8—15 cm anwendet, natürlich stets mit gebührender Rücksicht auf die vorhandenen Ofendimensionen.

Unter solchen Bedingungen lieferte schon vor 40—50 Jahren nach Guettier ein kleiner Ventilator die Luft für 12—1500 Kilo Schmelzleistung pro Stunde.

Ausserdem veröffentlicht Guettier im Anschluss daran etliche Angaben verschiedener französischer Giessereien über Grösse und Leistungen von Ventilatoren, welche hier wiedergegeben werden.

	Flügel	Innerer Durchmesser	Saugöffnung	Gehäusebreite	Ofenzahl	Tourenzahl
Pierard, Rheims	4	0,6	0,33	0,20	2	1800
Abtei Evaux	4	0,6	0,34	0,25	2	1600
Schule zu Angers	4	0,7	0,36	0,25	3	1500
do.	4	0,84	0,43	0,32	3	1500
Bergeret, Bayonne	4	0,7	0,35	0,25	3	1500
Sudd, Barker & Co., Rouen .	6	1,0	0,50	0,20	2	1000
Martin, Rouen	6	1,4	0,40	0,25	2	600
Indret	4	0,8	0,40	0,35	3	1800

Die in der Tabelle als innerer Durchmesser angeführte Dimension wird wohl den Flügelraddurchmesser bedeuten.

§ 122. In des Verfassers Eisengiessereibetrieb I, S. 622, sind eine Reihe von Ventilator-Constructionen beschrieben, von denen unter Verweis an die Quelle nur die folgenden hier hervorgehoben werden sollen.

Mallet beschrieb in seinen Aufsätzen einen Doppelventilator von Nasmyth, den derselbe zu Patricroft bei Manchester erbaut und in Betrieb gebracht hatte. Derselbe hatte 5 Fuss englisch Durchmesser und besass zwei parallel nebeneinander liegende Gehäuse auf einer gemeinschaftlichen gusseisernen Fundamentplatte. Diese letztere ruhte auf einem soliden Backsteinmauerwerk, das, wie bei allen vibrirenden Apparaten in Cement gelegt und sauber ausgeführt worden war.

Die gemeinschaftliche Welle beider Ventilatoren war von Stahl und lief in gusseisernen Lagern von grösserer Länge, als sonst üblich; sie betrug mehr als den vierfachen Durchmesser der Welle. Für die Schmierung und zum Schutz gegen des Verstauben war durch besondere Vorkehrungen Sorge getragen.

Zwischen beiden Gehäusen und dicht am mittleren Hauptlager der Welle waren zwei Riemenscheiben auf der Welle aufgezogen, die mithin vollkommen symmetrisch lagen und gleichzeitig thätig waren.

Die oberen Riemenscheiben lagen genau über den Riemenscheiben der Ventilatorenaxen, so dass die beiden Riemen vertical wirken mussten.

Die beiden Windauslässe waren, soweit sie nicht direkt zum Gehäuse gehörten, von Blech angefertigt und vereinten sich, wenige Fuss vom Apparat, zu einem Hauptcanal, der in seiner weiteren Fortsetzung in eine mit Cement gemauerte und innen möglichst glatt ausgestrichene Rösche überging, aus welchem dann die Düsenrohre aufstiegen.

Die 6 radial gestellten Schaufeln sassen auf einer in der Mittelebene des Gehäuses rotirenden Blechscheibe, beiderseits in Hälften angenietet, nicht angeschraubt, da sonst ein Schüttern und Lockern der Befestigung unvermeidlich gewesen wäre.

Die gegossenen Theile des Ventilators wurden von Nasmyth so massiv als möglich gemacht und es wurde diese Rücksicht stets als erste Bedingung für das Gelingen der Construktion angesehen.

Nichts als möglichst kräftiger Bau kann nach Mallet's Beobachtungen und Erfahrungen die bei hoher Geschwindigkeit so leicht eintretenden Schwingungen mildern, die ihrerseits die Lagertheile so sehr angreifen und die Schmierung zu einer resultatlosen Arbeit machen. Das Gehäuse des Ventilators besteht aus zwei starken gusseisernen Scheiben innerseits mit Falzen, in welche sich die peripherische Wand des Gehäuses, aus Blech gekrümmt, einfügt.

Eine einzige Verbesserung würde allenfalls noch an dem Nasmyth'schen Ventilator anzubringen gewesen sein, nämlich die Ausrundung der Einlassöffnungen oder ihre Besetzung mit einem ausrundenden, die Stösse auffangenden Halse.

In dieser Hinsicht bietet der Fig. 2 u. 3 der Taf. XVII im I. Bande des Handbuchs vom Verfasser abgebildete Redtenbacher'sche Ventilator ein gutes Muster, bestehend in einem halbcylindrisch, nach aussen auf- und zurückgebogenen Rand des Gehäuses.

Die beiden Flügelräder bewegten sich zwar excentrisch im Gehäuse, doch allseitig mit bedeutendem Spielraum, so dass die Luft in keiner Weise Stösse und dergl. gegen das Gehäuse zu erleiden hatte. An der Seite des eigentlichen Contaktes blieb noch immer ein reichlicher Zwischenraum, um das Ausschleudern der Luft zu ermöglichen. Ein sehr weiter Blasehals, ebenso hoch als breit, trug ebenfalls zur stossfreien Luftbeförderung erheblich bei.

§ 123. Unter den besseren Constructionen ebenflächiger Ventilatoren mit radialer Flügelstellung nehmen die von W. Wedding seiner Zeit für die Spandauer Werkstätten erbauten Ventilatoren eine hervorragende Stellung ein, namentlich hinsichtlich der Einfachheit sowie der Solidität der Ausführung.

Wedding hatte, in Vorbereitung dieser Constructionen Versuche angestellt, an denen auch Reuleaux Theil nahm und welche mit Zinkgussmodellen von ca. 4 Zoll rhein. Durchmesser ausgeführt wurden.

Als Resultat dieser Versuche ergaben sich zunächst die folgenden Sätze:

1. Die Flügelform begründet keinen wesentlichen Unterschied in der Leistung, da alle erdenklichen Flügelstellungen und Flügelkrümmungen bei gleichem Modelldurchmesser und gleicher Tourenzahl (4—5000) unter sonst gleichen Verhältnissen ganz gleich wirkten.

2. Das Windquantum zeigte sich bei gleicher Tourenzahl und demselben Durchmesser bis zu einer gewissen Grenze proportional der Radbreite, wurde aber zu einem Maximum, wenn das Rad halb so breit als der Halbmesser gemacht worden war. Dabei ist zu bemerken, dass die Einströmungsöffnung ebenso gross wie die Radfläche(?) war und dass das Rad sich in einem concentrischen Gehäuse drehte.

3. Das Windquantum und auch die Windpressung sind der Geschwindigkeit desselben innerhalb gewisser Grenzen proportional, hängen somit von der Peripheriegeschwindigkeit, bezw. der Tourenzahl bei gleichem Halbmesser ab.

Diesen Versuchsresultaten und Erfahrungen entsprechend wurde der W. Wedding'sche Ventilator gebaut und bestand damals aus einem vierflügeligen Rade von 40 Zoll rhein. Durchmesser, 10 Zoll rhein. Breite, das sich in einem 60 Zoll grossen Gehäuse concentrisch drehte, dessen Kanten möglichst ausgerundet waren. Die Tourenzahl war = 1200. Die Lager der Zapfen, lang und wie Axbüchsen gestaltet, hatten gusseiserne Futter, in denen die Stahlaxe des Flügelrades lief.

Von dem Gehäuse wickelte sich der 10 Zoll rhein. hohe, 10 Zoll rhein. breite Blasehals los und ging in eine ebenso dimensionirte Windleitung über, welche die Verbindung mit den über 100 Schmiedefeuern der Werkstätte vermittelte.

Die besonders genaue Arbeit und das genaue Abwägen des Flügelrades bei der Aufstellung des Apparates, machte den Betrieb vollkommen frei von dem, von den Ventilatoren älterer Construktion fast unzertrennlichen und als unvermeidlich angesehenen Schlagen und Summen. Ob dieser Apparat noch funktionirt, ist nicht bekannt geworden; kurz nach der Inbetriebsetzung wurde er stark kritisirt, was

nicht zu verwundern ist, da am Ort seiner Herstellung sich noch mehrere Firmen des Maschinenbaues mit der Construktion und Ausführung von Ventilatoren z. Th. nach eigenen Patenten, von jeher befasst, doch wenig Freude damit erlebt hatten!

§ 124. Als ein sehr häufig gebrauchter Ventilator ist noch der Lloyd'sche Ventilator zu bezeichnen, welcher ganz gute Resultate gibt, obwohl er nach einem durchaus anderen Princip erbaut ist, als der Nasmyth'sche und der eben beschriebene von W. Wedding.

Es ist der Lloyd'sche Ventilator ein solcher mit ungleicher Schaufelbreite, d. h. die gekrümmten Schaufelflächen sind zwischen zwei Schilden eingeschlossen und lassen an der Peripherie des ganzen Flügelrades nur einen schmalen Schlitz frei, durch den die Luft in das Gehäuse tritt. Der Zufluss selber findet durch zwei Oeffnungen in jenen Schilden statt, deren Durchmesser genau der Einflussöffnung des Gehäuses entspricht und zum Ueberfluss ist durch genauesten Anschluss des inneren Schildrandes an den Rand der Einlassöffnungen dafür Sorge getragen, dass keine Luft in das Gehäuse tritt, ohne das Flügelrad durchströmt zu haben.

Bereits Wiebe bildet (Maschinenbaumaterialen, Taf. IV, Fig. 5a u. 5b, darnach Dürre, Eisengiessereibetrieb I, Taf. XVII, Fig. 7 u. 8) den Lloyd'schen Ventilator ab, den auch J. v. Hauer in seinen Hüttenmaschinen, Fig. 255 u. 256 berücksichtigt.

Der äussere Mantel ist von Gusseisen in 4 Theilen angefertigt, von denen je zwei (die beiden oberen und die beiden unteren) dauernd zusammengeschraubt sind, während die übrigbleibende Horizontalfuge durch lösbare Schrauben zusammengehalten wird, um schnell gelöst werden zu können. Die Lager für die Flügelwelle sind in zwei starken Bügeln angebracht, die am Gehäuse angegossen erscheinen und die Axe ist mit hinlänglich langen Büchsen umgeben, um ein Ausleiern und Schleudern möglichst hinauszuschieben.

Ausserhalb des Lagers sitzt die Triebrolle auf der Axe des Flügelrades, welches aus einem genau im Mittel des ganzen Apparates rotirenden Armkreuze besteht, das die Flügel trägt. Dieselben, sechs an der Zahl, sind leicht gekrümmt und auf den mit Winkeleisen versehenen Armen festgenietet. Oftmals ist das ganze Flügelrad, d. h. Arme und Flügel aus einem Stück gegossen (Borsig) und die Blechschilde der Einhüllung sind dann einfach aufgenietet oder aufgeschraubt.

„Die Verhältnisse sind so gewählt, dass der Querschnitt sämmtlicher Austritts-
„öffnungen an der äusseren Peripherie ebenso gross ist, wie der Querschnitt der Eintrittsöffnungen
„an den beiden Seiten des Ventilators und dass überhaupt sämmtliche Cylindermäntel von ver-
„schiedenem Durchmesser, welche man sich um die Axe gelegt denken kann, so dass
„sie das Flügelgehäuse schneiden, gleich grosse peripherische Durchgangsöffnungen
„für die Luft darbieten". (Wiebe.)

Der innere Rand der Schilder ist mit metallenen Ringen verkleidet und der entsprechende Rand des Gehäuses mit gusseisernen Ringen, die beide sich in nur geringen Abständen bewegen, um den bestmöglichsten Abschluss herzustellen.

Ueber Leistungen Lloyd'scher Ventilatoren finden sich in des Verfassers Eisengiesserei verschiedene auf Versuchen und auf eigener Erfahrung beruhende Angaben, die nachzusehen sein würden.

§ 125. Dem Princip des Lloyd'schen Ventilators entsprechen noch zwei andere Arten von Ventilatoren, über welche der Verfasser in seinem Eisengiesserei-Handbuch ebenfalls berichtet (I, S. 631 u. ff.).

Richard Hartmann, Chemnitz lieferte für die Königin Marienhütte zu Cainsdorf bei Zwickau einige Ventilatoren, welche aus einem geschlossenen, dem Lloyd'schen ähnlichen linsenförmigen Flügelrade bestehen, das sich vollkommen concentrisch in einem, aussen mit fast kreisrundem wulstig herumlaufenden Blasehals versehenen Gehäuse bewegt, an welches es sich am Rand der Einströmungsöffnung scharf anlegt. Das Gehäuse, nach der Mittelebene zweitheilig angeordnet, trägt die langen Lagerbüchsen der Flügelradwelle mittelst jederseits dreier Spreizen und garantirt bei guter Ausführung die vollkommene Abbalancirung des Flügelrades. Ein Oelkasten ist jederseits unterhalb der Lagerzone an das Gehäuse angegossen und kann durch Zinkblechaufsatz vergrössert werden. Ausserdem ist das Gehäuse auch noch horizontal in der Axenhöhe getheilt, um das Flügelrad einlegen zu können.

Die Welle des Flügelrades, welches 8 radial gestellte Blechschaufeln hat, trägt an jeder Seite ausserhalb eine Riemenscheibe und macht 800—1225 Touren. Vier der Schaufeln sind voll, vier sind dagegen nur halb; trotzdem genügt ein solcher Apparat vollkommen für den Betrieb der umfänglichen älteren Giesserei des Werkes und ein zweiter Ventilator steht immer nur als Reserve da.

Die benutzte Kraft ist die einer liegenden 20pferdigen Umtriebsmaschine, die ausserdem noch einen Gusswaarenschleifstein, ein Trockenpochwerk für Sand und Lehm, eine Emailmühle und 4 Arbeitsmaschinen der Modelltischlerei bewegt.

Eine andere dem Lloyd'schen Ventilator im Princip entsprechende Construktion ist der Ventilator des Amerikaners Sturtevant (zuerst publicirt American Minig Journal 1867, Vol. IV, S. 639, darnach Dürre, Eisengiesserei I, Taf. XVII, S. 634).

In einem ringförmig sich an der Peripherie erweiternden Gehäuse, dreht sich ein zwischen Schilden eingeschlossenes Flügelrad mit 8 ebenen Flügeln. Der Rand dieses Rades am Lufteinlass wird durch einen am Gehäuse angeschraubten Metallring geführt und gedichtet.

Derselbe Rand des Gehäuses trägt jederseits einen dreibeinigen Stuhl, der die Lagerpfannen der Flügelradwelle aufnimmt. Auf der letzteren sind die nach aussen hohlen Riemenwellen aufgezogen und werden durch die Futter der Lagerpfannen, sowie durch metallene Schlussscheiben geführt und gehalten. In sinnreicher Weise werden die Innenräume dieser Riemenscheiben zur Aufnahme des überflüssigen Schmiermaterials benutzt. Ebenso praktisch ist die Disposition der Lagertheile, die einfach durch den Kopf der Stühle gesteckt und mittelst einer von aussen her aufgeschraubten Stopfbüchse, die eine kugelgelenkartige Anschwellung der Lagerbüchse umschliesst, festgezogen ist. Zum Betrieb dürfen nur zusammengenietete, genähte oder (bei Kautschuk) geklebte Riemen angewandt werden und der ganze Apparat wird so eingerichtet, dass er sich zum Behuf des Riemenspannens mittelst starker Schrauben bewegen lässt; das Lager darf dann allerdings während des Betriebes nicht nachgeben.

Diese Ventilatoren sind besonders bei Bessemeranlagen zur Anwendung gekommen.

§ 126. Betreffs sonstiger Ventilator-Construktionen, die sich etwa praktisch bewährt haben, ist noch der Ventilator von Schiele, dann der von Dinnendahl zu erwähnen. Ueber beide bringt der Verfasser in seinem Handbuch des Eisengiessereibetriebes einige praktische Notizen, die hier in Kürze wiedergegeben werden sollen. Ein s. Z. bei Borsig versuchsweise neben dem Lloyd'schen Ventilator angewandter Schiele'sche Ventilator hatte mit dem Nasmyth'schen Ventilator die fast radiale Stellung der Flügel gemein, dagegen bestand das Gehäuse selbst aus zwei verschiedenen Theilen, einem concentrischen inneren Theil und einem darum sich excentrisch aufwickelnden äusseren Theil. Beide sind mit einander an der der Eintrittsöffnung gegenüberliegenden Seite mittelst eines, um die ganze Peripherie des Gehäuses sich herumziehenden schlitzförmigen Canals verbunden, den die Blechwände umgeben. Das Flügelrad besteht aus 7 etwas ausser dem Radius gestellten geraden Blechschaufeln, die auf einem schmiedeeisernen Armkreuz sitzen, das auf einer nur einseitig aufgelagerten Welle befestigt ist. Die Einströmungsöffnung ist nur auf der einen Seite vorgesehen, aber sehr reichlich dimensionirt gewesen. Die Luft zieht in Folge der durch den Flügelumtrieb entstehenden Depression direkt nach der Peripherie des concentrischen Flügelgehäuses und tritt hierauf über die an der Stelle ebenfalls concentrisch abgeschnittene Rückwand des Flügelgehäuses in den dahinter umlaufenden Canal und aus diesem wieder etwas centrifugal in den Blasecanal, der leicht excentrisch das Flügelgehäuse umgibt und in den breiten Blasehals überführt. Obwohl das damals gewissermaassen als Modell dienende Exemplar nur aus Nagelblech zusammengenietet war und allein die Lagerwand, das Lager und das Flügelrad einigermaassen solid erbaut waren, so arbeitete der Ventilator doch vollkommen ebenso wie der vorhandene Lloyd'sche Ventilator. Es war sogar anzunehmen, dass bei noch rascherem Gang (den man der leichten Bauart des Versuchsexemplars halber nicht geben mochte) der Effekt den des Lloyd'schen Ventilators übertroffen haben würde.

Die Dinnendahl'schen Ventilatoren sind früher Ventilatoren nach dem Rittinger'schen System gewesen, sind in neuerer Zeit aber in etwas abgeänderter Construktion geliefert worden und arbeiten übrigens recht gut.

Nach älteren Mittheilungen bedürfen diese Apparate in verschiedener Grösse ausgeführt beim Schmelzen von

3500—4000	Kilo	pro	Stunde	1400—1500	Touren	und	8—10 Pferdekräfte
1500—1750	„	„	„	2000—2500	„	„	4—5 „
1000—1250	„	„	„	3000—3500	„	„	2—3 „

und Drucke von 12—16 Zoll Wasser — allerdings etwas weniger als die Schiele'schen Ventilatoren. Ein im metallurgischen Laboratorium zu Aachen aufgestellter, mit Dreicylindermaschine betriebener Ventilator von Dinnendahl zeigte beim Betreiben eines grossen Sefstroem-Ofens bei 1600—1800 Touren einen Wasserdruck von Maximo 16—18 cm. Es war dies auch das kleinste Modell der Fabrik!

Andere Gebläse.

§ 127. Ausser den Ventilatoren werden zum Betrieb der Cupolöfen jetzt sehr häufig Apparate aus der Klasse der Kapselräder verwendet (vergl. Band I., S. 735), unter denen vor allen anderen die Roots'schen Gebläse, im Rothwälsch einzelner Ingenieure Roots blower genannt, erwähnt zu werden verdienen.

Wie schon früher hervorgehoben, bewegen sich bei diesen Gebläsen in einem länglichrunden, einem abgeplatteten Cylinder ähnlichen Gehäuse zwei ineinander greifende und aufeinander sich abwickelnde Körper mit Parallelaxen und nehmen, da sie sich in einer den Axen parallelen Linie (besser gesagt: einem Flächenelement) berühren, Luft zwischen sich, schliessen sie gegen die Ausströmungsöffnung ab und lassen sie auf der anderen Seite des Gehäuses wieder heraustreten.

Durch vergrösserte Tourenzahl wird eine wachsende Durchgangsgeschwindigkeit der Luft erzielt und der Apparat zu einem Luftbeweger, der bis zu einer gewissen Grenze auch Pressung erzeugt.

J. von Hauer (Hüttenmaschinen S. 208) nennt die Kapselgebläse auch rotirende Kolbenmaschinen und hebt gegenüber den anderen Kolbengebläsen das Fehlen der Ventile als Vortheil hervor; auch fiele bei den Kapselrädern der schädliche Raum weg.

Im Vergleich zu den Centrifugalventilatoren sei als ein Vortheil der Kapselräder anzusehen, dass die hervorzurufende Pressung von der Umgangszahl unabhängig sei. Dagegen steige mit der Pressung die Schwierigkeit, eine gute Dichtung herzustellen; auch wachse der Effektverlust durch Rückströmung der Luft.

Für grosse Luftlieferungen, welche entweder grosse Dimensionen oder hohe Umgangszahlen erforderten, träten als Nachtheile im ersten Fall schwierige Dichtung der Contakte, im letzteren Fall alle Uebelstände rasch rotirender Mechanismen auf.

Das Princip des Roots'schen Gebläses bedingt, dass, da beide Kolben mit gleicher Geschwindigkeit rotiren und wegen dichten Schlusses stets mit einander in Berührung bleiben sollen, nach Wahl der Form von der einen der sich berührenden Flächen, die Form der anderen nach den Regeln der allgemeinen Verzahnung bestimmt werden muss. Die Endstücke der Kolben werden dabei kreisförmig begrenzt angenommen, wobei der Radius dieser Kreisflächen bis zur Grösse des Krümmungsradius des Gehäuses selbst wachsen kann. Bei von Hauer ist ein Verzeichnungsbeispiel durchgeführt und dabei gesagt, dass, da die Wellen beider Kolben durch Zahnräder gekuppelt seien, es gerathen wäre, die wirkliche Begrenzung der Kolben etwas knapper als die verzeichnete anzunehmen, damit nicht bei ungenauer Ausführung oder bei eintretender Abnutzung der Zahnräder Klemmungen entständen. Die später beim Betrieb anzuwendende consistente Schmiere bewirkt dessen ungeachtet nach und nach einen dichten und genauen Schluss der bewegten Theile.

Bei der Schilderung der Construktion wird das Recept der Schmiere auch noch angegeben werden.

§ 128. Bei von Hauer ist eine Berechnung der Roots'schen Bläser gegeben, auf die hier verwiesen wird; es folgen nunmehr etliche praktische Winke.

Die Umdrehungszahl ist 200—250 pro Minute und man erbaut die Apparate für Windmengen von 1,5 bis zu 200 cbm pro Minute. Es ist natürlich, dass man dieser Schwankung in den Luftmengen mit dem Volumen des Apparates allein nicht folgen kann, sondern auch mit der Tourenzahl selber operiren muss. Im Allgemeinen nimmt man die Tourenzahl mit steigender Windmenge geringer. Die erreichbare Pressung beträgt bei Kolben mit Holzüberzug und Anwendung von Schmiere bis 4 cm Quecksilber.

Der Wirkungsgrad ist nicht genau bestimmt, doch soll derselbe bedeutend grösser sein als der der Ventilatoren, trotzdem sich bei bestimmten Tourenzahlen und Pressungsverhältnissen häufig ein Zurückströmen der Luft bemerklich macht.

Die Construktion anlangend, so besteht das Gehäuse meistens aus zwei ebenen Stirn- und zwei halbcylindrischen Seitenplatten, welche oben und unten eine Oeffnung für den Ein- und Austritt der Luft freilassen, bei kleineren Dimensionen, z. B. den für Hand- und Fussbetrieb eingerichteten Grössen, wird das Gehäuse wohl auch aus zwei durch horizontale Flanschen verbundenen Theilen gebildet, in welchen oben und unten die Eingangs- und Ausflussöffnungen ausgespart sind. An den Stirnplatten sind gleich die Stopfbüchsenlager für die Axen angebracht, und auch Füsse sind angegossen, mittelst deren der Apparat am Fundament angeschraubt wird. Die Kolben selber sind ganz aus Holz oder aus eisernen Rahmen mit Holzhülle hergestellt; bei kleineren Dimensionen ist man indess auch zu vollkommen eisernen Kolben übergegangen, z. B. bei den von der früheren Firma Schenck, Mohr & Elsässer in Mannheim erbauten Bläsern.

Gewöhnlich werden an beiden Axenenden Räderpaare zur Kuppelung befestigt, sowie an jeder Axe, aber am entgegengesetzen Ende eine Riemenscheibe, um eine möglichst gleichförmige Drehung zu bewirken und eine Drehung der Axen durch eigene Torsion zu vermeiden, welche das Kolbenspiel erheblich stören könnte.

§ 129. Die zur besseren Arbeit der rotirenden Kolben nothwendige Schmiere muss recht consistent sein, um nicht abzulaufen. Sie soll nach und nach die Laufflächen der Kolben mit einer harten glatten Kruste überziehen und durch gegenseitige Reibung und Abstreichen die eigentlich richtigen Abwickelungsflächen erst herstellen helfen.

Eine Composition von 6 Talg, 6 Gyps, 3 Wachs und 1 Graphit wird von von Hauer angegeben; diese Bestandtheile sollen geschmolzen, gut gemischt und in abgekühltem Zustand aufgestrichen werden. Gyps ist nicht immer dabei nöthig und auch der Graphit wird fortgelassen, doch tragen beide Bestandtheile entschieden zur besseren Härtung und Politur der geschmierten Flächen bei.

Das Auftragen geschieht von der Luftsaugöffnung aus mittelst Bürsten; es soll nicht zuviel davon auf einmal aufgestrichen werden, da sonst ein Ballen zwischen den Kolben zu leicht stattfindet und ein Klemmen entsteht.

Die ganz eisernen Roots'schen Bläser, welche bei von Hauer als Apparate ohne Schmiere aufgeführt werden, erhalten andere Kolbengestalten, um einen dichten Anschluss leichter und sicherer herstellen zu können. Man hat es dabei nur mit cylindrischen Flächen zu thun, doch muss mit von Hauer als Nachtheil dieser Kolbengestaltung hervorgehoben werden, dass nicht nur eine Rückströmung von Luft aus der Windleitung in das Gehäuse, sondern auch aus dem Gehäuse in die freie Luft stattfindet. Bei jeder Umdrehung wird von jeder Hälfte der beiden Kolben ein bestimmtes leicht graphisch zu ermittelndes Volumen comprimirter Luft nach der Einströmung zurückgeführt, sodass die hierfür angewendete Compressionsarbeit als verloren anzusehen ist.

Für alle grösseren Windmengen ist man daher wieder zu den hölzernen, mit Schmiere versehenen Kolben zurückgekommen.

Ausser dem Erfinder, Fabrikant Roots (ursprünglich zu Connersville Indiana), haben sich besonders Thwaites & Carbutt zu Bradford in England, Meyer in Aerzen bei Hameln, Heilmann, Ducommun & Co. zu Mühlhausen und seitdem viele andere mit der Herstellung von Roots'schen Gebläsen befasst.

Dieselben sind ziemlich verbreitet, besonders wo anhaltende Leistungen verlangt werden, z. B. an den Cupolöfen der Bessemerwerke. Der hauptsächliche praktische Vorzug, den sie vor den Ventilatoren besitzen, besteht hauptsächlich in der, durch die geringere Tourenzahl bedingte grössere Haltbarkeit der Transmission und dem durch den gleichen Umstand hervorgerufenen geringeren Aufwand an Schmiermitteln.

§ 130. An die Roots-Bläser schliesst sich eine andere Sorte von Kapselrad an, das viele Verbreitung gefunden zu haben scheint, das Heinrich Krigar'sche Patentschraubengebläse (Deutsches Reichs-Patent 4121).

Dasselbe wird als einfaches wie auch als doppeltwirkendes ausgeführt. Es besteht aus zwei, in einem gusseisernen Gehäuse parallel nebeneinander rotirenden Walzen von gleichem Durchmesser, welche durch je zwei erhöhte und zwei vertiefte Schraubengänge ineinandergreifen.

Der Betrieb dieser Gebläse geschieht mittelst einer Riemenscheibe, die Walzen sind durch ausserhalb des Gehäuses auf die Axen gesteckte Zahnräder verbunden, von denen das eine mit Holzkämmen versehen ist.

Die Wellen ruhen ausserhalb des Gehäuses in hinlänglich breiten, als Kammlager construirten Lagern, die mit Lagermetall ausgegossen und mit Lagerdeckeln versehen sind; auf einer der Wellen ist die Riemenscheibe befestigt. Nachdem in Holz die Walzenkörper vorgearbeitet sind, werden sie mit einer der schon erwähnten ähnlichen Composition (3 Wachs, 6 Talg, 1 Graphit, 1 Baumöl, $^3/_4$ Stearin) abgeschlichtet. Die Masse wird zusammengeschmolzen und während des Ganges mit einer Kelle oder Spritze zwischen die Walzen gebracht, worauf zum Schluss noch Talkstaub zum oberflächlichen Glätten eingebeutelt wird. Es braucht, wie H. Krigar versichert, nur eine einmalige Dichtung vorgenommen zu werden.

§ 131. Die einfach wirkenden Schraubengebläse sind von gleicher Construktion, mit dem Unterschied, dass sie auf einer Walze nur erhöhte, auf der anderen nur vertiefte Schraubengänge zeigen.

Es liefern diese einfachen Gebläse natürlich weniger Wind als die anderen, das halbe Quantum ungefähr, bieten aber hinsichtlich des Druckes einige Vortheile.

Da nach der Wahrnehmung Krigar's u. A. der Winddruck mit der Zahl der Schraubenwindungen wächst, die auf den Walzen sich befinden, so ist klar, dass bei einem einfachen Gebläse der Druck grösser werden muss, da sich eine grössere Anzahl Windungen auf der Walze unterbringen lassen. Jede Windung mehr verdoppelt den anfänglichen Druck des Windes.

Die Wirkung des Gebläses besteht darin, dass bei jeder Umdrehung der Schraubenwalzen, alle zwischen Schraubengängen und Gehäuse befindliche Luft in axialer Richtung durch die Schraubengänge hinausgeschoben wird, da die Luft den Schraubengängen folgen muss und so auch die höhere Pressung eintritt. Beim einfachen Schraubengebläse dient allerdings die zweite Walze nur als Dichtung und zum Durchführen der erhöhten Schraubengänge der Arbeitswalze; auch hierbei wird aber der Wind in axialer Richtung hinausgepresst und nur hierdurch ist der leichtere Gang des Gebläses zu erklären.

Der vortheilhafteste Gang für grössere Schraubengebläse ist nach H. Krigar auf 100—175 Umdrehungen festzusetzen; aber auch kleineren Gebläsen dieser Art soll man nie mehr als 350 Touren geben und lieber eine grössere Sorte dann in Anwendung bringen. Versuche mit einem 1878 in Hannover ausgestellt gewesenen Schraubengebläse haben bei 500 mm Wasserdruck einen Nutzeffekt von $83/_{00}$ und $88/_{00}$ ergeben. Versuche von Hartig mit einem Roots'schen Gebläse bei 800 mm Wasserdruck sollen nur $12/_{00}$ Nutzeffekt ergeben haben.

Krigar sieht die Möglichkeit, mittelst des Schraubengebläses einen höheren Winddruck hervorbringen zu können, als einen Vortheil für den Cupolofenbetrieb an, sobald im Verhältniss des Druckes richtige Dimensionen für die Düsen und Windschlitze vorhanden sind. Das mit höherem Druck erblasene Eisen soll reiner, dichter und weicher sein, auch soll ein höherer Winddruck höhere Ofenschächte gestatten

und damit die Möglichkeit, die Wärme des Gasstromes besser ausnutzen zu können und an Cokes zu sparen*).

Andere Kapselräder sind in ausgedehnterem Maass noch nicht bei Eisengiessereien zur Anwendung gekommen; ein von W. Wedding construirtes eigenthümliches Kapselrad (cf. Dürre I., S. 641) ist nur vorübergehend in Spandau zum Betrieb von Schmiedefeuern benutzt worden.

B. Von den Aufgebevorrichtungen bei den Cupolöfen.

§ 132. Die im vorigen Band, III. Abschnitt, 2. und 3. Kapitel, behandelten Materialaufzüge und sonstigen Transportmittel kommen bei den Cupolöfen nur im Fall der Massenproduktion von Gusswaaren in Betracht. Die meisten Eisengiessereien behelfen sich mit z. Th. noch recht einfachen und unvollkommenen, dabei aber im besonderen Fall durchaus ausreichenden Hilfsmitteln.

Von der primitivsten Leiteranlage an bemerkt man an den Aufgebevorrichtungen der Cupolöfen alle Zwischenstufen bis zum Betrieb eines wirklichen Aufzuges. In seinem Handbuch des Eisengiessereibetriebes Bd. I., S. 648 u. ff. hebt der Verfasser einen Umstand als bestimmend und entscheidend hervor: die Leistung der Bedienungsmannschaft des Ofens — ausgedrückt durch das Bruchtheil des Menschentagewerks pro Gewichteinheit des geleisteten Gusses, besser noch pro Gewichteinheit der Einsätze des Ofen, da das Verhältniss von Material und Gusswaare je nach Specialität der Artikel und je nach Funktionirung des Ofens schwankt.

Von einem Aufgeben mittelst einer Leiter wird wohl heute in den einigermaassen technisch geführten Eisengiessereien keine Rede mehr sein, da nur der allerkleinste Betrieb eine so rohe Arbeit vertragen kann.

Nur wenig günstiger sind die Aufgebeerleichterungen, welche man durch eine zwei bis vier Fuss höhere Lage der Sohle in der Aufgebekammer herstellt; die an die Ofenwand anzulehnende Leiter wird dadurch um eine unbeträchtliche Kleinigkeit verkürzt und höhere Oefen, wie sie jetzt viel mehr vorkommen, lassen sich überhaupt in dieser Weise nicht bedienen. Besser sind schon die in manchen älteren rheinischen und englischen Giessereien angewendeten offenen Bühnen, 0,6—1,0 m unter der Gichtebene angelegt, zu denen breite und sichere Treppen heraufführen, welche zum Hinaufschleppen der Gichten dienen. Die Arbeiter vermögen sich einander auszuweichen und es kann, sind die Oefen nur knapp 3 m hoch, ein Aufzug füglich entbehrt werden.

In Klimaten, die ein vollständiges Freistehen der Bühne nicht zulassen, z. B. Berlin, Oberschlesien u. A. baut man geschlossene Aufgebekammern in der geeigneten Höhe und versieht dieselben mit einer innerhalb oder ausserhalb heraufführenden Holz- resp. Metalltreppe.

Es kommt bei vielen Eisengiessereien gar nicht auf eine fortwährende energische Bedienung des Ofens an, sondern auf eine vorbereitende mässige Aufgabe, sodass z. B. bei einem alle Nachmittage von 2 bis 6 Uhr dauernden Schmelzbetrieb, der Vormittag benutzt wird, um die einzelnen Gichten in der Aufgabekammer so aufzustapeln, dass sie nach Inbetriebsetzung des Ofens bequem und rasch aufgegeben werden können.

Ist Platz genug vorhanden, so kann man auch für grössere Betriebe eine solche Aufgebekammer einrichten und an Stelle der Treppe eine schiefe Ebene von angemessener Neigung aus Holz, Metall oder auch aus Anschüttung herstellen, auf welcher man das Material hinauffahren, „auflaufen" lässt.

§ 133. Wirkliche Aufzüge erscheinen da angebracht, wo eine angestrengte Betriebsthätigkeit der Oefen ein mechanisches Hilfsmittel erfordert und wo auch schon Förderhöhen über 3 m, vorherrschend 4—5 m, vorhanden sind.

Zur Anwendung kommen wesentlich dreierlei Combinationen:

1. Haspel oder Kabel mit Handbetrieb,
2. Haspel oder Kabel mit direktem oder nicht direktem Maschinenbetrieb,
3. Treibkolbenwerke.

Bezüglich der Haspel oder Kabel mit Handbetrieb ist zu bemerken, dass dieselben in Leistung und Kostenpunkt nicht viel besser sind als die älteren Aufgebevorrichtungen; nur ersparen sie Platz und sind für intermittirenden Betrieb, wobei der Aufgeber Zeit hat, seine Bühne mit Gichten zu besetzen, angebracht. Für starken Betrieb können sie nur bei sehr billigen Tagelöhnen den Maschinenbetrieb ersetzen.

Am einfachsten sind die Dampfhaspel, wie sie im II. Band (l. c.) mit einiger Ausführlichkeit behandelt worden sind; bei der Verbindung der Eisengiesserei mit einer grösseren Maschinenfabrik lässt sich der indirekte Haspel- oder Kabelbetrieb recht gut einrichten; z. B. stösst die Aufgebebühne der Borsig'schen Eisengiesserei zu Berlin auf der Rückseite an einen Raum, in welchem die Betriebsmaschine der Drehwerkstatt arbeitet und hat man diesen Umstand ausgenutzt, um mittelst einer doppelten Riemenübertragung an fester und loser Scheibe den Betrieb des Gichtaufzuges anzukuppeln.

*) Diese Versicherung ist ohne Discussion wohl nicht entgegen zu nehmen.

Das Aus- und Einrücken des Riemens geschieht in der gewöhnlichen Weise und es wird das Fördergestell des Aufzuges, auf welchem ein niedriger Wagen voll zerschlagenen Roheisens oder ein hoher Wagen voll Cokes sich befindet, so hoch über das Bühnenniveau weggezogen, dass die Fallthür der Bühne wieder geschlossen werden kann, um die Last abzusetzen.

Die doppelte Riemenübersetzung gestattet es, die Bewegung in die umgekehrte ohne grossen Zeitverlust umzusetzen; eine Bremse war gar nicht vorhanden, weil die geringe Hubhöhe und die Kleinheit der Lasten eine Kraftansammlung nicht begünstigten.

Für den Betrieb der mit diesem Aufzug bedienten Ireland'schen Oefen konnte man ohnehin sehr massvoll verfahren, da man mit jedem Zug eine vollständige Gicht beförderte und so zwischen zwei Aufgaben eine hinlängliche Pause übrig blieb (1/4 Stunde bei Vollbetrieb).

Da ein solcher Anschluss an eine vorhandene Betriebskraft immer wohlfeiler ist, als der direkte Betrieb eines selbstständigen Haspels, so wird er auch sehr viel benutzt, wenn sich eine solche Gelegenheit zum Anschliessen bietet. Das dürfte z. B. bei grossen Maschinenfabriken fast ausnahmslos angängig sein; Hüttenwerke mit isolirter Lage ihrer Giesserei oder mit genügender Beanspruchung der sonstigen Maschinen müssen sich nach anderen Kraftquellen umsehen.

§ 134. Solche etwas weniger abhängige und beschränkte Kraftquellen bietet die Anlage von Treibkolbenwerken zum Betrieb der Aufzüge. Die nähere Definition und Eintheilung der Treibkolbenwerke (Bd. II, S. 243) als bekannt voraussetzend, ist hier besonders darauf aufmerksam zu machen, dass für Cupolöfen auf Eisen- und Stahlwerken wohl immer die Kraftreservoire des Hauptbetriebes zur Bewegung von Treibkolbenwerken zu benutzen und besondere Centralanlagen, Maschinen und Reservoire für die Cupolöfen allein nicht zu projektiren sein werden.

Wo z. B. ausgedehnte Kesselanlagen sind und die Dampfbereitung zur Bewegung zahlreicher Mechanismen in grösserem Maassstabe betrieben werden muss, wie in Röhrengiessereien, dürfte die Anlage von Treibkolbenwerken mit Dampf oder sogenannten Dampfhebewerken (mit Rollenhubmultiplicatoren combinirt) am Platze sein. Der im II. Band, § 421, S. 247 kurz beschriebene Aufzug auf der Friedrich Wilhelmshütte zu Mülheim a. d. Ruhr (vergl. weiter unten Fig. 44a und 44b) bedient drei Cupolöfen und wird aus derselben Kesselanlage gespeist, welche zum Betrieb der Dampfkrahne der Giesserei, sowie der verschiedenen anderen Mechanismen der Giesserei (Massen- und Lehmmühlen, Kerndrehbänke, Strohseilspinnmaschinen, Pressen) eingerichtet ist und in einer Nebenhalle der Anstalt sich befindet.

Der Aufzug steht links neben der Cupolofenbühne, hat einen einzigen Treibcylinder und wirkt mittelst eines Drahtseiles auf eine kleine Treibrolle, während eine grössere auf derselben Axe steckende Rolle das Seil des Fördergestelles trägt. Dadurch entsteht eine sehr einfache Hubmultiplication und es ist ein relativ kürzerer Kolbenhub ausreichend die, 5—6 m betragende Förderhöhe zu überwinden.

Treibkolbenwerke mit Wasser sind besonders bei den Bessemerwerken an der Tagesordnung, wo der grösste Theil der ganzen Anlage mit Accumulatorenbetrieb funktionirt! Auf den diesem Band beigegebenen Tafeln finden sich mehrere Beispiele für Anlage und Ausführung solcher Treibwerke, welche oft, besonders bei den amerikanischen Bessemeranlagen, nicht unerhebliche Höhen zu bewältigen haben, da die Cupolöfen derartiger Werke selbst schon sehr hoch angelegt werden, um das Eisengefälle zu erzielen.

Oft schiebt man aber auch in die ganze Anordnung eine zweite Aufzugsanlage, gleichfalls mit Treibkolbenbetrieb, ein, um den Abstichkessel des Eisens einmal tief genug zum Abstechen aus den Oefen, dann hoch genug zum Ausgiessen in die nach den Convertern führenden Rinnen zu stellen und so ein paar Meter Totalhöhe der Anlage zu ersparen (cf. Taf. XXV, Anlage bei St. Louis, Vulcan Iron Co).

Pneumatische Treibkolbenwerke bei Cupolöfen sind nicht bekannt geworden.

C. Von der Winderhitzung bei den Cupolöfen.

§ 135. Als die Winderhitzung bei den Hochöfen sich eingebürgert und sehr gute Resultate in Betreff der Brennstoffersparniss gezeitigt hatte, dachte man natürlich daran, auch anderen Betrieben des Eisenhüttenwesens die gleichen Vortheile zuzuwenden und es entstanden damals die durch Karsten im Atlas seiner Eisenhüttenkunde, Taf. XII, Fig. 8 und 9, Taf. XIII, Fig. 1—5, abgebildeten Winderwärmungsapparate für Cupolöfen. Auch ausführliche Arbeiten von Engels und von L. Wachler erschienen über den Cupolofenbetrieb mit überhitzter Luft im Karsten'schen Archiv IX, 217, XI, 198 und hoben das Verhalten einzelner Eisensorten sowie die haushälterischen Vortheile der Einrichtung besonders hervor. Man war sowohl auf Saynerhütte als auch in Malapane und Gleiwitz dahin gelangt, fast genau die Hälfte der früher erforderlichen Cokes zu ersparen.

Den heute erzielbaren und wirklich erzielten Resultaten des Cupolofenbetriebes gegenüber, bieten aber jene Ersparnisse keinerlei Vortheile mehr, denn man ist, ohne die Winderhitzung in besonderen Apparaten beibehalten zu haben, mit dem Kohlenverbrauch weit unter jene damals angestaunten Resultate

herunter gelangt. Bei einzelnen der neuen Oefen findet eine Erhitzung des Windes, bevor derselbe das Eisen trifft, auch wirklich statt und geben dieselben weitaus die günstigsten Resultate.

Die älteren Winderhitzer, welche aus in der sehr starken Gichtflamme der damals sehr niedrigen Oefen aufgehängten Röhrenbündeln bestanden, führten allerdings die solcher Gestalt vergeudete Wärme des Brennstoffs theilweise wieder nach dem Ofen zurück, vermochten aber doch nicht den Brennstoffverbrauch so weit herunterzudrücken, als eine entsprechende bessere Construktion der Ofenprofile und eine gesteigerte Betriebsintensität denselben neuerdings zu ermässigen vermocht haben.

Dass trotz der zunehmenden Einsicht, die Winderhitzung lohne sich bei den Cupolöfen nicht mehr — noch in den letzten Decennien ein englischer Giessmeister, T. Summerson, von der Hope town foundry in Darlington einen Winderhitzer construirt, ist sicher wunderbar. Derselbe bestand in zwei den Oberschacht einschliessenden Kästen oder Kanalstücken, welche 4 Zoll radial weit, 30 Zoll hoch gestaltet waren. Beide waren mittelst kurzer Rohrstutzen gegenseitig verbunden und durch ein 5zölliges Intervall getrennt; der obere Kasten, in den der kalte Wind strömte, hatte einen kleineren Radius als der untere, aus dem der warme Wind heraustrat. (Dürre, Eisengiessereibetrieb I, S. 647.) Als Constructionsmittel für den Oberschacht kann man sich einen solchen Apparat schon gefallen lassen; viel helfen wird er nicht und sind Resultate desselben auch weiter nicht bekannt geworden.

Abgesehen vom zweifelhaften Erfolg der Winderwärmung überhaupt, ist noch zu erwähnen, dass für sehr viele Roheisensorten die Winderwärmung durch Steigerung der Temperatur und vermuthlich steigende Siliciumreduktion bedenkliche Folgen bezüglich der Qualität haben könnte. Versuche, die dieses Verhältniss genau feststellen, sind allerdings nicht bekannt, aber Erfahrungen in der Behandlung gewisser Roheisensorten lassen schliessen, dass eine Ueberhitzung des Eisens in Cupolöfen manchen Giessereizwecken schädlich sein dürfte.

D. Von den Zerkleinerungsapparaten für das Roheisen.

§ 136. Da das Cupolofenschmelzen zum Theil von der gleichmässigen Zerkleinerung des Roheisens abhängt, so hat man dafür zu sorgen, dass diese Zerkleinerung in der besten und bequemsten Weise geschehe. Die gewöhnlichen Roheisenbarren werden durch zweihändige schwere eiserne Fäustel in Stücke zerschlagen, eine Operation, welche durch Tagelöhner ausgeführt werden kann und selbst in Ländern mit hohen Arbeitlöhnen noch vollständig von Hand geschieht.

Ausser dem gewöhnlichen currenten Roheisen in Barren, müssen aber auch verschiedentliche Brucheisenmassen, Ausschüsse aller Art und darunter oft sehr grosse Brocken zerkleinert werden, die nur mittelst Rammen oder auch mittelst hydraulischer Pressen zu bearbeiten sind.

Die gewöhnlich bei den Eisengiessereien gebrauchte Form der Rammen ist die eines dreibeinigen Gerüstes, aus starken Bäumen errichtet, welches in seinem Scheitel den Aufhängepunkt für eine Rolle bietet. Ueber diese Rolle läuft ein Seil, das an dem niederhängenden Ende die Scheere zum Fassen des Rammklotzes trägt, am anderen Ende aber auf die Trommel, einer zwischen zweien der Bäume angebrachten Winde sich aufwickelt.

Mittelst dieser Winde wird eine Kugel mit eingegossener schmiedeeiserner Oese, oft auch ein kurzes Cylinderstück, der Rammklotz, von 100—500 Kilo aufgewunden, nachdem es von der Scheere gepackt worden ist. Hat der Rammklotz die ausreichende Fallhöhe, so wird die Scheere mittelst einer langen und dünnen Leine geöffnet und Ersterer fällt auf die während des Aufwindens aufgestapelten Eisenstücke herab.

Da diese gefährlichen Apparate sehr langsam arbeiten und in ihrer Wirkung vielfach recht unsicher sind, so kommt alles darauf an, dass die Arbeiter die Stücke unter der Ramme richtig zusammenlegen. Beim Fall müssen die Arbeiter hinter einen Schirm aus Brettern treten und die ganze Ramme muss etwas abgelegen und von schützenden Schirmen umgeben sein. Deshalb wenden Hüttenwerke und Giessereien, die wiederholt sehr dicke und schwere Gussblöcke zu zerkleinern haben, neuerdings hydraulische Pressen an. Die Gussmassen werden mittelst eines starken Brückenkrahns zwischen die Druckplatten einer wagerecht liegenden hydraulischen Presse gebracht und aufgestellt. Die ganze Anlage ist mit Erdwällen umgeben und darauf noch mit Schirmen versehen, so dass losgesprengte Stücke nicht weit zu fliegen vermögen. Schutz für die Arbeiter durch blockhausartige Bauten ist ebenfalls vorgesehen und es entstehen selten bei einer solchen Zerkleinerung Unglücksfälle, wie sie bei der Benutzung der Ramme wiederholt vorgekommen sind und noch vorkommen.

Eisenfallwerke, wie sie der Verfasser noch in seinem Eisengiessereibetrieb I, S. 660 lebhaft befürwortet, in der Art der beim Brechen und Sortiren der Rohschienen vielfach angewandten Vorrichtungen, sind bei Eisengiessereien nicht verbreitet worden; der Grund liegt darin, dass das regelmässig gegossene, für den Betrieb eines solchen Eisenfallwerkes geeignete Roheisen doch in der Regel nur einen geringen Bruchtheil des Schmelzsatzes ausmacht, während die grössere Hälfte desselben aus Brucheisen und Eingüssen zu bestehen pflegt.

Dritter Abschnitt.

Von den Apparaten und Geräthen zur Herstellung der Formen.

§ 137. Zur Herstellung der Formen bedarf man einer ganzen Zahl von Apparaten und Geräthen, welche theils von allgemeiner Bedeutung sind, theils für speciellen Gebrauch erbaut und in Betrieb gebracht werden.

Der Gegensatz, der zuweilen zwischen Apparaten und Geräthen insoweit hervorgehoben wird, dass man die festgelegten Betriebsvorrichtungen „Apparate“ nennt, welche stets die gleiche Funktion auszuüben haben und unter Geräthen das bewegliche, stets sich modificirende Handwerkszeug des Arbeiters versteht, rechtfertigt bei sehr ausführlicher Beschreibung die Spaltung des Materials in diese zwei Gruppen von Dingen. Da aber die Geräthe sowohl als die Apparate gleichen Zwecken dienen und sich eng an die Beschaffenheit der Processe anschliessen, welche sie unterstützen sollen, so kann man sie auch zusammen betrachten. Bei der Stellung, welche die Eisengiesserei den anderen Zweigen der Eisenindustrie gegenüber einnimmt, kann hier umsoweniger eine Trennung der Apparate und Geräthe befürwortet werden, als dadurch die Behandlung eine zu weitläufige werden würde.

Es können nachstehende Arbeiten und Vorgänge als unterscheidbare Theile des ganzen Förmereibetriebes bei der Classificirung des ganzen Materials benutzt werden.

Vorbereitung der Formmaterialien,
Ausführung des Förmereiprocesses selbst und
Trocknen und Brennen der Formen.

Für die Behandlung der Betriebsvorrichtungen, Apparate und Geräthe, ergeben sich demnach die folgenden Kategorien:

1. Kapitel: Apparate und Geräthe zur Vorbereitung der Formmaterialien.
2. Kapitel: Apparate und Geräthe zur Ausführung der Förmerei.
3. Kapitel: Apparate und Geräthe zum Trocknen und Brennen der Formen.

Daran schliesst sich die Betrachtung der beim Formen bereits, später beim Giessen und den weiteren Arbeiten gebräuchlichen Transport- und Hebevorrichtungen, der Krahne, die nach ganz bestimmten Erfahrungen der Giessereipraxis ausgewählt und behandelt werden müssen.

Es entsteht also das

4. Kapitel: Apparate und Geräthe zum Heben und Transportiren der Formen und Formbestandtheile.

Ueberall aber wird nur das allernothwendigste mitgetheilt werden, specielle Details den Specialpublicationen überlassend.

1. Kapitel.

Apparate und Geräthe zur Vorbereitung der Formmaterialien.

§ 138. Da die von der Natur gebotenen Formmaterialien: Sand und Lehm, nur im allerseltensten Ausnahmefall zur Ausführung der Förmereiprocesse direkt geeignet sind, werden sie einer Vorbereitung stets unterworfen.

Diese Vorbereitung kann eine sehr einfache, oberflächliche, sie kann aber auch eine sehr weitgehende, tiefeingreifende sein; sie kann in jedem Einzelfall vom Arbeiter bewirkt werden, der das Material zu gebrauchen hat und sie kann im grössten Maassstab und unter der Aufsicht der vorgesetzten Ingenieure geschehen, um die verschiedenen Arten der Arbeit mit durchaus gleichwerthigem Rohmaterial zu versorgen. § 13 auf S. 9 d. Bandes ist bereits auf den Nutzen dieser Vorbereitung hingewiesen und daran die Erwähnung der Verbesserung auf künstlichem Wege und künstlicher Darstellung geeigneter Formsande überhaupt geknüpft worden.

Mit der fortschreitenden Entwicklung in der Kenntniss der Formsande, namentlich aber ihrer Entstehung und Bildung und indem man die bei der keramischen Industrie gemachten Erfahrungen richtig benutzt, muss man dahin kommen können, aus beliebigen Sanden, Lehmen und Thonen durch entsprechende Behandlung alle für verschiedene Zwecke der Praxis erforderlichen Materialien herzustellen.

Es wird die Lösung dieser Aufgabe selbstverständlich den Werken zufallen, welche dem Giessereiverfahren eine hervorragende Selbstständigkeit und Ausdehnung zu geben vermögen, weil nur solche Anstalten in der geschäftlichen Lage sind, bedeutendere Aufwendungen zum Zwecke der Materialherstellung zu machen. Für grössere Industrieorte, an denen Eisengiessereien in bedeutenderer Zahl sich befinden, wäre auch eine Anstalt denkbar, welche, eventuell in Verbindung mit irgend welcher keramischen Industrie, sich mit der Massenfabrikation geeigneter künstlicher Formmaterialien befasste — wie sich die Fabriken feuerfester Produkte nach und nach ein früher den Eisenhütten zugehöriges Arbeitsgebiet angeeignet haben.

Aber nicht allein die absolut künstliche Herstellung, die Reconstruktion natürlicher Mischverhältnisse ist es, worum es sich hier handelt, sondern es treten auch bei der Benutzung guter Lagerstätten natürlicher Formsande und Lehme für sehr viele Giessereien zwingende Gründe auf, diese Materialien so zu bearbeiten und vorzubereiten, dass jeder Fehler, jeder ungünstige Einfluss absolut ausgeschlossen ist. Derartige Gründe greifen Platz, bei einerjeden durch Jahre und Decennien hindurch fortgesetzten, gleichartigen Fabrikation auf einmal bewährter Grundlage oder bei einer sehr bedeutenden Massenfabrikation eines und desselben Artikels, der bei gleicher Abmessung, gleicher Benutzung, den gleichen Ansprüchen begegnen muss und dabei vielleicht noch durch Garantieleistung in seinen Eigenschaften gewissermaassen festgenagelt ist.

Solche praktische Fälle und Schwierigkeiten lassen sich nicht überwinden, wenn man der Homogenität eines beliebigen, noch so ausgedehnten und noch so gleichmässig gelagerten Sandvorkommens vertrauen will; man wird Enttäuschungen erleben, indem man sich auf die Beständigkeit einer Trümmerlagerstätte und auf die Beständigkeit seiner Arbeiter individualistisch verlässt und man wird die Enttäuschung als wohlverdiente empfinden.

§ 139. Die einfachste und nothwendigste Vorbereitung der natürlichen Formmaterialien, ist ihre Reinigung von allen, die Verwendung störenden gröberen Bestandtheilen, auch wenn die Lagerstättenbeschaffenheit sonst die sonderlichen Garantien für Homogenität und gleichmässiges Aushalten der einmal als gut erkannten Eigenschaften bietet.

Die groben Verunreinigungen können bestehen in:

1. organischen Ueberesten, Wurzeln, Holz, d. h. Stammstücken, wenn das Formsandlager zu Tage ausgeht und die Vegetation direkt auf demselben aufsteht;

2. mineralischen Bestandtheilen, Steinen oder Rollstücken verschiedenster Art, sowie in Thonbrocken, lehmigen und mergeligen Ansammlungen in Form kleinerer oder grösserer Nester und Knoten.

Man entfernt alle solche groben Verunreinigungen am Besten durch Sieben; der Einzelarbeiter, welcher noch gewöhnt ist, mit der Karre nach der Sandhalde zu fahren, nimmt sich sein Förmersieb mit und verrichtet diese rohe Aufbereitung am Fuss der Halde, die Unreinigkeiten auch wohl mal wieder auf die Halde werfend, wenn Organisation und Controle nicht auch nach dieser Richtung vervollkommnet sind.

Bei der Benutzung grösserer Diluvialsandlager in flacher Ablagerung und von nicht zu grosser Dicke, ist die Gleichmässigkeit gewöhnlich so gross, dass ein so rohes Verfahren, wie das geschilderte keine argen Nachtheile stiftet, umsoweniger, als der Arbeiter den frischen Sand mit dem bereits gebrauchten mengt, nachdem er den total verbrannten weggeschafft hat und als für den einigermaassen nur bedachten Förmer in dieser Mischung schon ein Mittel liegt, bemerkte Ungleichheiten des Sandes auszugleichen oder für verschiedene Arbeiten sich verschiedene Mischungen in bester Brauchbarkeit herzustellen.

Die für eine solche einfache Vorbereitung erforderlichen Geräthschaften sind dieselben, welche der Arbeiter auch in der Hütte selbst braucht: Siebe, Schaufeln und eine gewöhnliche Handkarre, an welche allsammt besondere technische Anforderungen wohl kaum zu stellen sind.

Die einzige, immer noch im Bereich rohester Vorbereitung stehende und sich bewegende Einrichtung grösserer Art, der hier gedacht werden könnte, wäre die Aufstellung eines Rätter- oder Wurfsiebes, welches indess viel besser gleich in der Formsandgrube Platz finden müsste, weil nach vollkommener Wegnahme des unten wie oben gewöhnlich abgegrenzten Lagers, die gemachten Aushöhlungen die natürlichste Bergungs- und Ablagerungsstätte für die abgesiebten Unreinigkeiten bilden dürften, während die Haldenplätze der Hütte dafür entschieden weniger geeignet sind — abgesehen vom unnützen Transport der Unreinigkeiten bis nach der Hütte. Wo, wie z. B. in der Umgend von Aachen, die Sandgewinnung in einem gewissen grossen Maassstabe betrieben wird, wo eine Gräberei, nebeneinander Humus, groben Sand, feinen weissen Sand und Formsand liefert, sind stets Rätter- und Wurfsiebe thätig.

§ 140. Bei dieser ersten Reinigung der Formmaterialien lassen sich die organischen Bestandtheile (Wurzeln, Hölzer etc.) sowie abgerundete oder eckige Steine und Trümmer ganz gut abscheiden und verursachen auch bei feuchtem Zustand des Materials keinerlei Beschwerde.

Die Lehmknoten und -einschlüsse, die Mergelschnüre und alle derartige zerdrückbare, und schmierende und noch dazu sich leicht dem Auge entziehende Bestandtheile der Formsande machen leicht Schwierigkeiten und gelangen trotz aller Aufmerksamkeit in die Sande, die zur Verwendung kommen. Bei der Benutzung veranlassen sie Schlagen und Explodiren des Eisens, das mit ihnen in Contakt kommt, denn sie enthalten zu viel Wasser, um dasselbe, wie bei dem porösen Formsand der Fall, noch während des Gusses verdampfen zu können und dann sind sie eben dicht und undurchlässig.

Diesem Uebelstande gegenüber, der bei vielen mageren (unrein geförderten) und bei den meisten fetteren Sanden auftritt, muss zu einem anderen Mittel gegriffen werden als es das sorgsame Auslesen ist. Man muss versuchen diese Unregelmässigkeiten zu Regelmässigkeiten zu machen und zwar durch Vertheilung, vorausgesetzt, dass die thonigen und mergeligen Einschlüsse in nicht zu grosser Menge vorhanden sind und dass durch Vertheilung die Giessereiqualität des Sandes überhaupt nicht in Frage gestellt wird. Dies gilt besonders den mergeligen, d. h. kalkigen Einschlüssen gegenüber; glücklicher Weise lässt deren weisse Farbe das Aushalten bei dem Graben oder das Auslesen auf dem Lagerplatz leichter, zu als es bei den Thoneinschlüssen der Fall ist und es bleiben dadurch wirklich nur minimale Mengen in der Formmasse.

Die Vertheilung kann nur geschehen, wenn der schmierende Zustand aufgehoben wird, was durch die Procedur des Trocknens allein zu bewirken ist. Man kann aber die Sande etwa nicht nur an der Luft trocknen, sondern muss sie auf besonderen Oefen oder in Trockenkammern von aller Feuchtigkeit befreien. Dies erfordert nunmehr schon eigene Anlagen, eine besondere Betriebsabgrenzung, eigene Arbeitskräfte, sodass mit der Trocknung bereits der Weg der centralen oder für die ganze Giesserei thätigen Vorbereitungsanstalten betreten werden muss.

Diese Trocknung verwandelt die thonigen Einschlüsse, Zellen, Knoten und Nester in harte Brocken, welche auf dem Siebe herumkollern und sich darauf auch nicht ohne Weiteres zerdrücken lassen. Es muss deshalb an eine Zerkleinerung gedacht werden, die eben nur die Beseitigung dieser thonigen Agglomerate bewirkt, nicht aber auch das sonstige Sandgefüge zertrümmern soll. Man wendet deshalb zum blossen Formsandzerkleinern am besten leichte Kollergänge oder verstellbare Walzwerke an, welche nur die Thonpatzen oder Brocken fassen, nicht aber den Sandkörnern gefährlich zu werden vermögen. Alle zu energisch wirkenden Apparate, schwere Kollergänge oder gar Schleudermühlen und Desintegratoren sind für diese blosse Vorbereitung des grün zu verwendenden Formsandes zu vermeiden. Alle neue Staubbildung ist verderblich und drückt die Qualität gleich herab, theils durch direkte Unbrauchbarkeit für Vieles, theils durch Verminderung der Dauerhaftigkeit.

Die zu wählenden Apparate sind erst zu versuchen, wozu ja die meisten mit dem Bau solcher Vorrichtungen sich abgebenden Maschinenfabriken gute Gelegenheit geben.

§ 141. Für das Trocknen des gewöhnlichen Formsandes benutzt man am besten Apparate mit Unterheizung, ohne direkte Befeuerung der Einsätze. Besitzt man z. B. auf dem betreffenden Werke einen Brennofen oder besser noch eine sehr heissgehende Darrkammer für fette Sande und für Thone und Lehme, so bringt man auf deren Gewölbe eine eiserne Bühne oder auch nur eine planirte, mit Cement und Chamotte ausgegossene Fläche an, auf welche man den Formsand aufschüttet, ausbreitet und an der Luft trocknen lässt. Für die mageren Sande genügt das vollkommen; die fetten Sande müssen in die Oefen oder Kammern hinein.

Die weitere Behandlung des so getrockneten Sandes besteht zunächst in der Zerkleinerung in der vorher angedeuteten vorsichtigen Weise oder auch zunächst in einer Absiebung der hartgewordenen Lehmballen.

Die Zerkleinerung erfolgt in Trommelmühlen mit leichten Kugeln, gusseisernen Trommeln, denen verschiedene Umdrehungszahlen gegeben werden können, welche also mit einer Riementransmission auf Stufenscheiben laufend, versehen sein müssen. Einzelne Giesserei-Ingenieure haben auch Trommelmühlen mit schmalem, scheibenförmigen Gehäuse und nur einer Kugel construirt; bei deren Betrieb ist sorgfältig darauf zu sehen, dass die Kugel nicht an einer Stelle liegen bleibt, sondern der Bewegung der Gehäuseperipherie gleichmässig entgegenrollt.

Eine Trommel mit 12—15 Kugeln besetzt, machte 25—30 Touren pro Minute und bestand aus einem gusseisernen mit Flanschen versehenen Cylinder von ca. 0,05 m Wandstärke, 0,45 m lichter Weite und 0,70—0,75 m Länge. Die mit Schrauben an den Flanschen befestigten Böden, trugen eingeschraubte Zapfen in ihrer Mitte, mittelst deren die Trommel gelagert werden konnte — bei Handbetrieb auf einen hölzernen Doppelbock — bei Maschinenbetrieb in etwas vollkommenerer Weise. Der Handbetrieb wird bei solchem Apparat wohl die Regel sein, namentlich, wenn gewöhnlicher Formsand zerkleinert werden soll. (Guettier.)

Eine Trommelmühle mit scheibenförmigem Gehäuse besteht gewöhnlich aus einem zweitheiligen Gehäuse, in zwei Hälften von schildartiger Gestalt gegossen und auf der Peripherie mittelst eines Flansches zusammengeschraubt; die eine Hälfte trägt an der Peripherie eine verschliessbare Thür zum Ein- und Ausfüllen des Materials. Die Kugel, welche genau oder fast genau in die Rundung der Gehäuseperipherie passen muss, läuft frei darin, und durch beide Schilde geht eine starke Welle mit Kurbelzapfen oder mit Riemenscheibe an einem Ende. Soll die Kugel nicht an den Seiten reiben, so muss eben der Apparat sehr genau abbalancirt werden. Bei richtiger Combination mit einem ebenfalls rotirenden Drahttuchsieb soll der Apparat hinreichendes Staubmaterial für 30 Förmer liefern, wenn der Kugeldurchmesser 15 Zoll englisch oder 48 cm beträgt. (Mallet).

Für gewöhnlichen Formsand, dies ist ausdrücklich zu wiederholen, handelt es sich weniger um Zerkleinerung der ganzen Masse als um Zerkleinerung der Lehmbrocken, wenn solche in irgend welcher Weise Verwendung finden sollen. Ein Zertrümmern der Sandkörner ist jedenfalls zu vermeiden und deshalb den Apparaten mit kleinen Kugeln der Vorzug zu geben.

A. Diefenthäler & Schütze haben neuerdings (D. R.-P. 23561, 24./XII. 1882 und 24803, 17./II. 1883) eine interessante Schleudermühle mit verstellbaren Stiften für die Vorbereitung des Formsandes construirt, die in der Zerkleinerung jedenfalls Genüge leistet, ohne das Korn des Sandes vollkommen zu zerstören.

§ 142. Wenn die Sande es vertragen, so kann man auch mit sogenannten Kollermühlen oder Kollergängen arbeiten.

Dieselben bestehen bekanntlich in einem Paar schwerer, räderartiger, schmalbahniger Walzen von Gusseisen, 500—1000 Kilo schwer, die um eine horizontale Welle sich lose drehen. Die horizontale Welle steckt in einer verticalen, durch eine Maschine beweglichen Welle und es werden durch Drehung der letzteren die beiden Kollersteine auf einem flachen, hinlänglich massiven Trog herumgerollt, wobei man durch verschiedene Entfernung der Kollersteinaxen von der Hauptaxe das Befahren der Trogfläche durch die beiden Kollersteine veranlasst.

Man hat auch Kollergänge mit festliegenden Kolleraxen und beweglichem Trog; für das Mahlen des Formsandes, also für den leichteren Betrieb sind die letzteren Dispositionen vielleicht vorzuziehen.

Mallet hat für eine englische Giesserei eine kleinere Sand- und Massemühle erbaut, die sich viele Jahre hindurch bewährt hat. Der Trog dieser Mühle, der sich drehte, hatte einen aus zwei Hälften zusammengesetzten falschen Boden, der, einmal abgenutzt, sich rasch und ohne Demontirung des Apparates auswechseln liess. Die hohlen mit Hartgusslauffläche versehenen Walzen und angeschraubten Seiten, hatten 2,75 Fuss Durchmesser, 2 Zoll englisch Bahn- und 1 Zoll Seitenstärke. Sie waren an Ketten so aufgehängt, dass mit vollem Gewicht oder mit einem gewissen Spielraum gearbeitet werden konnte, jenachdem sie nach Willkühr mahlen oder nur mischen sollten. Es wird durch diese Einrichtung das Zerreiben der Sandkörner absolut vermieden, was auch beim Magermachen fetter Sande und Massen, selbst des Lehms von Wichtigkeit ist.

Auch in anderer Weise kann man die Kollerwalzen aufhängen; indem man ihre Lager auf Rahmen anbringt und diese Rahmen an der Wand drehbar befestigt, sodass die Walzen sich heben und senken können, wenn sie auf Widerstände stossen, die sie nicht zu überwinden vermögen.

Schwerer müssen natürlich die Walzen sein und entsprechend energischer muss auch die Arbeit verlaufen, wenn es sich darum handelt, vielleicht Zerkleinerungen auszuführen. Dann greift man zu grösseren Durchmessern und schmaleren Bahnen bei den Walzen, um das noch dazu verstärkte Gewicht auf weniger Körner wirken lassen und dieselben zertrümmern zu können.

Doch ist auch hierbei die Staubbildung immer möglichst einzuschränken, da Staub in allen Fällen dem Förmereiprocess Nachtheil bringt, es mag nun Sandstaub, Kohlenstaub, Lehmstaub etc. sein. Stets wird er die Porosität und Gasdurchlässigkeit des Präparates beeinträchtigen. Es bleibt nichts übrig, als durch Versuche mit irgend einer der genannten Maschinen festzustellen, wie dieselben bei den jedesmal vorliegenden Materialien zu betreiben sind, um das bestmögliche Resultat zu geben. Für weitauseinandergehende Zwecke wird man immer zwei verschieden kräftige Kollergänge anwenden müssen, oder falls sich das nicht verlohnt, mit einem einzigen auszukommen suchen, der dann aber mit Aufhängevorrichtungen für die Walzen und mit Transmissionen für verschiedene Geschwindigkeiten zu versehen ist.

§ 143. Sobald es sich um Herstellung von Formsandgemischen zum gewöhnlichen Guss handelt, verfährt man einfacher. Man bedient sich hierzu wohl auch der Mischung von Hand, indem man durch einige Arbeiter die Sande nebst Zusätzen durcheinanderschaufeln lässt. Bei nicht zu grossem Bedarf ist die Methode angängig, bei grossen Sandmengen, wie sie z. B. der Betrieb von Poteriegiessereien verlangt, wo es unter Umständen ganz besonders auf die Herstellung sehr magerer und luftiger Mischungen ankommt, wird man doch zu den vorhandenen Kollergängen oder sonstigen Mechanismen greifen müssen. Die Walzen sind alsdann aufgehängt oder durch leichtere ersetzt, die nicht zu sehr auf den Sand drücken können. Mallet, der schon citirte englische Giesserei-Ingenieur, hat für blosse Mischung auf dem

Trog der Kollerwerke eine eigenthümliche Vorrichtung ersonnen, welche einfach an Stelle der Walzen oder Kollersteine einzulegen ist, in Betreff der Hauptdimensionen also in die Lagerrahmen und sonstigen Zusammenstellungen genau passen muss.

Dieses Utensil ist eine mit Stäben besteckte Rolle, die aus einer, genau den Axen der Kollersteine entsprechenden, mit denselben Zapfen versehenen Axe besteht, auf der in der Mitte eine starke Scheibe aufgekeilt sitzt. Durch diese Scheibe hindurchgesteckt, festgeschraubt oder in irgend einer Weise befestigt, sitzen, der Lauffläche des Kollersteins ungefähr folgend, eine Reihe von stählernen oder eisernen Stäben von 4kantigem Querschnitt, welche den Sand durcharbeiten und zum Theil auch aufwerfen. Das unbedeutende Gewicht dieser Stabrollen lässt es empfehlenswerth erscheinen, sie in einer ganz bestimmten Höhe über der Trogfläche zu bewegen, um den Sand nicht nach und nach festzurollen. Es würde eventuell angemessen sein, die beiden Rollen auf Horizontalaxen laufen zu lassen, welche durch die Verticalaxe des Kollerwerks gesteckt und dadurch in verticaler Richtung nicht verrückbar sind. Auch eine besondere Drehung der Rollen erscheint nützlich, wiewohl bei hinlänglicher Beschüttung des Troges die wühlende Bewegung jedenfalls eintritt.

Ob man nicht eine solche Rolle in einer geschlossenen Trommel arbeiten lässt, während das Gehäuse still liegt oder sich mit einer anderen (geringeren) Geschwindigkeit im umgekehrten Sinne dreht, ähnlich wie bei den Schleudermühlen und Desintegratoren — ist durch Versuche am besten festzustellen.

Alles zusammenfassend, was über Vorbereitung des gewöhnlichen Formsandes gesagt worden, kann man behaupten, dass diejenige Methode, welche bei möglichster Homogenisirung das ursprüngliche Korn des Sandes am Wenigsten antastet, die Beste ist und dass also eine gründliche Untersuchung des betreffenden Rohmaterials Vorbedingung zu einer Auswahl irgend welchen Mechanismus bildet.

Das Mahlen des Kohlenstaubes, des Streusandes etc. wird ebenfalls auf Kollerwerken vermittelt; Besonderes bietet diese Manipulation nicht.

§ 144. Die Vorbereitung der fetten Sande oder der Massen verläuft ganz ähnlich wie die der grünen oder gewöhnlichen Formsande, nur ist eine so grosse Vorsicht wie bei der Herstellung der letzteren nicht zu beobachten; es kann vielmehr etwas schärfer zerkleinert, resp. gemahlen werden, da bei diesen Materialien die Porosität doch gegen die Plasticität nicht unerheblich zurücktritt.

Ein Unterschied zwischen den fetten Sanden selbst findet aber auch in ihrer mechanischen Vorbereitung Ausdruck; — es ist das die grössere oder geringere Feinheit des Kornes, je nach der Beschaffenheit der zu formenden Gegenstände. Im Allgemeinen unterscheidet man wohl gewöhnlichen fetten Sand oder Masse und Feinmasse; aber auch bei dem gewöhnlichen Material der Art wendet man zur Bedeckung des Modells, also zur Herstellung der Formflächen selber ein etwas feiner zerriebenes Material an, als zum weiteren Vollfüllen des ganzen Formkastens. Besonders bemerklich wird dieser Unterschied bei den Formmassen, die nur leicht übertrocknet werden, weil eine nicht sehr starke feinkörnige und dichte Schicht um das Modell herum von einer sehr porösen grobkörnigeren Masse getragen wird.

Am einfachsten wird sich die Vorbereitung bei natürlichen Massen, d. h. solchen, die schon im natürlichen Zustande alle Bedingungen ihrer späteren Verwendung vereinen, stellen und ausführen lassen. Man kann dieselben einfach trocknen und zerkleinern, dann eventuell die hierbei (wegen der Tieflage der meisten dieser Massen) seltener auftretenden Wurzeln und andere organischen Reste absieben, dann für bestimmte Zwecke nochmals zerkleinern und mischen.

Ist die Masse zu fett oder will man aus magerem Lehm Masse machen, so muss ein Theil des Rohmaterials wirklich gebrannt und dann zerkleinert werden. Von diesem steinig gewordenen Material setzt man dem blos getrockneten und dann gemahlenen, ursprünglichen fetten Sand eine nach Umständen zu bestimmende Menge zu und bildet hierdurch magerere Gemische.

Anstatt des gebrannten Lehms oder fetten Sandes kann man auch Ziegelbruch gewöhnlicher und feuerfester Art (Chamottesand), ferner zertrümmerte Sandsteine von grober Textur, scharfe Mauersande, besonders gut aber Seesand verwerthen, betritt indessen mit dieser Substitution bereits das Gebiet der künstlichen Formsand- und Formmaterialien-Bereitung.

Dieser Weg ist hier umsoleichter zu beschreiten, als sich bei der Darstellung der fetten Formmaterialien ein etwaiger Fehler nicht so leicht bemerklich macht und als das Probiren hierbei leichter ist.

Für den praktischen Gebrauch wird man, ob natürliche, ob künstliche Massen verwendet werden, zwei verschieden feine Sorten vorräthig halten, eine gröbere zum Füllen, eine feinere zum eigentlichen Abformen der Modellflächen. Für ganz massive Stücke, deren Hitze ein Schmelzen des Sandes hervorrufen könnte, z. B. für Chabotten, schwere Walzen etc., muss der Schmelzpunkt des Formmaterials durch Einmengen grösserer Mengen feuerfester Chamotte und feuerfester Thone thunlichst gesteigert werden.

§ 145. Die feinen Formmassen, d. h. die zu Feingüssen zu verwendenden künstlichen Mischungen oder natürlichen Sande müssen sehr viel feiner gemahlen werden als alle bisher besprochenen

Materialien. Die Zerkleinerung geschieht noch trocken — oftmals jedoch ist ein Schlämmen angebracht, wiewohl dasselbe den Thongehalt leicht zu sehr herunterstimmt und dadurch die Plasticität des Sandes alterirt.

Da die meisten der hierhergehörigen Materialien in massigen, eigenthümlichen Lagerstätten gefunden werden, z. B. als feine vulkanische Erosionsprodukte, als Schlammüberlagerungen, welche meist gleichmässige Beschaffenheit innerhalb der ganzen Massigkeit des Vorkommens zeigen, so ist ein Ausschlämmen eines Thonüberschusses gefährlich für die Fettigkeit und Plasticität des Sandes.

Alle aus diesem Material hergestellten Formen werden doch getrocknet und es kann in Folge dessen der Thongehalt so weit steigen als er des Reissens oder Schwindens halber überhaupt gehen kann. Das Schlämmen würde sich mithin eventuell auf die mageren, zur Veränderung einer zu fetten und dadurch zu festen Masse zu benutzenden Substanzen und Gemengtheile beschränken.

Als Kohlenstaub würde sich für solche Masse am besten der feinste Graphit, gemahlen und geschlämmt, empfehlen, als magerer Bestandtheil feinster Sand, besser noch Infusorienerde oder Kieselguhr.

Ein praktischer Formversuch muss stets entscheiden, was mit dem Material zu geschehen hat, nachdem es durch Trocknen und Sieben von allen heterogenen Bestandtheilen gereinigt worden ist und eine gewisse Homogenität erlangt hat. Im Allgemeinen muss das Material, das zur Feingiesserei verwendet werden soll, die feinsten Details der Modelle genau wiedergeben können; seine Korngrösse muss also weit hinter der Dimension jener Details zurück bleiben und der petrographische Charakter muss der eines nahezu unfühlbaren Pulvers sein.

Seidenartig, soyeux, nennen die französischen Giesser von jeher die äusseren Erscheinungen der besten französischen Formsande (Fontenay-aux-Roses bei Paris), deren vorzügliche Eigenschaften fast allein die hohe Entwickelung des Giessereiwesens, sowohl für Bronce wie für Eisen in der französischen Hauptstadt bedingt haben. Ohne das Vorhandensein dieser Lagerstätten, welche noch dazu drei sehr verschiedenartige (aber jede in bestimmter Richtung vorzugsweise brauchbare) Varietäten von Formsand liefern, würden jene so vielfach beneideten und Nacheiferung veranlasst habenden Leistungen nicht oder nur durch Aufwand hohen technischen Fleisses möglich geworden sein — wie es z. B. in Ilsenburg und Lauchhammer durch fortgesetzte Ausdauer und Anstrengungen geschehen ist.

Eine so typische Materialreihe, wie diese Sande, denen noch einzelne rheinische, sächsische, oberschlesische und österreichische Feinmassen zuzurechnen sind, hat auch das Studium der künstlichen Sandfabrikation ausserordentlich unterstützt und gefördert, so dass die Lösung dieser Frage im Allgemeinen wohl als gelungen anzusehen ist, wenn auch die Verbreitung einer solchen Fabrikation der Natur der Sache nach nur eine beschränkte ist und es wohl immer bleiben dürfte.

Die Vorbereitung der fetten Sande und Feinmassen erfordert nach dem Vorgetragenen wesentlich ähnliche Installationen wie die der anderen Sande.

Eine Trommel mit Kugeln von der Hand betrieben, genügt z. B. schon für den Bedarf einer kleinen Feingiesserei; grössere Ateliers werden noch ein Kollerwerk, sowie mehrere Siebwerke nöthig haben. Trockenöfen oder Trockengelegenheiten einfachster Anlage dürfen gleichfalls nicht fehlen; oft kann man die Rohmaterialien auf den zum Trocknen der Formen selbst angelegten Schränken oder Kammern ablagern lassen.

§ 146. Was nun die Vorbereitung des Lehms anlangt, so treten hierbei an nothwendigen Anlagen ausser den bisher geschilderten Zerkleinerungsanlagen noch eventuell Schleudermühlen auf, weil dieselben sich beim Betrieb der Thonwaarenfabriken als erheblich praktischer wie sonstige auf langsamer Quetschung beruhende Mechanismen bewiesen haben. Der Lehm ballt sich in den Schleudermühlen nicht so leicht zusammen und hängt nicht so sehr an den Wänden fest, wie bei den sonst gebrauchten Einrichtungen.

Zu diesem Behuf empfiehlt sich besonders die Schleudermühle von Vapart, welche bei der Fabrikation der Thonwaaren für die grosse Zinkhütte in Angleur b. Lüttich zuerst construirt und durchgebildet wurde. Sie arbeitet mit mehreren Tischen übereinander, die sich mit gleicher Geschwindigkeit in einem cylindrischen Gehäuse drehen, und durch die mehrmalige Wiederholung der centrifugalen Bewegung des Einwurfs in kurzer Zeit, scheint jedes Festhängen leichter vermieden zu werden. Thatsache ist, dass bei Versuchen in Aachen sogar trockne Blätter sich in feinzerriebenen Staub verwandelt haben. Der Bezug der Maschine kann durch die Maschinenfabrik von Carl Mehler in Aachen erfolgen.

Der Antheil an gebranntem Thon oder Lehm kann in Pochwerken oder in der genannten Schleudermühle ebenfalls zerkleinert werden, auch die Kollergänge sind hierzu nach vorgängiger Handzerkleinerung geeignet. Zum Anlegen von Pochwerken haben die hier berücksichtigten Ateliers keinerlei Veranlassung, weil der Betrieb ein zu kostspieliger ist im Gegensatz zu dem benöthigten unbedeutenden Quantum an zerpochten Materialien.

§ 147. Eine Hauptarbeit bei der Lehmvorbereitung ist übrigens nicht die Zerkleinerung, sondern die Mischung und Durcharbeitung. Diese Arbeit geschieht nicht in trockenem, sondern in

feuchtem, d. h. schmierendem Zustand und wird am Besten nach sorgfältigem Mauken oder Ablagern des Lehms vorgenommen.

Ausfrieren lassen kann man den Lehm ebenfalls, um ihn zur Mischung und zur Verarbeitung besser vorzubereiten und es schadet niemals, wenn diese Art Vorbereitung eine recht vollständige ist.

Ebenso verfährt man mit einem anderen Bestandtheil des späteren Formlehms, dem Pferdemist, welcher am besten nach längerer Verrottung und Abliegen an der Luft verwendet wird, da er dann eben nur aus zerkleinerten Halmtheilchen von Stroh oder Heu besteht, die dem Lehm Lockerung und Bindung geben sollen.

Die eigentliche Mischung der so vorbereiteten und mit Wasser angemachten Substanzen geschieht in einem oder mehreren Thonschneidern, deren Construktion als bekannt wohl vorausgesetzt werden kann. Die mit Messern und Scheiten bewehrte vertikale Betriebswelle arbeitet die hineingeworfenen Bestandtheile durch und schiebt die erzielte breiige Mischung nach Oeffnen der Thür am Fuss des Bottichs in Form einer langen Wurst heraus, welche in Patzen abgetheilt und bei Seite gelegt wird, um entweder zu übertrocknen oder zu einer nochmaligen Durchmischung gebraucht zu werden.

Feinere Formlehme bedürfen einer mehrfachen Durcharbeitung im Thonschneider, welcher auch ab und zu eine rohe Durcheinanderschauflung von Hand vorherzugehen hat.

Diese Praxis des Thonschneiders wird zu jederlei Einmengung benutzt — ob Sand, Chamotte, Mist, Kälberhaare, Steinkohlenstaub, Graphit, Ziegelmehl etc. in den Formlehm kommen sollen — stets schaufelt man in ein bestimmtes auf dem Lagerplatz befindliches Quantum bereits vorgearbeiteten Lehm das betreffende Ingredienz ein und lässt darauf die Mischung nach Bedarf ein-, auch mehrmals den Thonschneider passiren.

§ 148. Ueberblickt man die Gesammtinstallation der zur Vorbereitung der Formmaterialien bestimmten Ateliers, so sieht man leicht, dass man ausser den Lagerräumen für die besseren Materialien und den ganz abgetrennten Schlägen für die verschiedenen Produkte noch einer oder mehrerer Darrkammern, eventuell auch eines Brennofens bedarf, und dass eine Betriebswelle, die keine besondere Maschinenkraft zu haben braucht, sondern von irgend einer Kraftmaschine des Werks bewegt sein kann, eine Reihe von Vorrichtungen betreiben muss, die zur Zerkleinerung und Mischung dienen.

Mit einer Trommel, einer Kollermühle mit zwei verschiedenen Steinsätzen, einem, besser noch zwei Thonschneidern wird jedes Atelier auskommen. Dasselbe muss heizbar sein; der Fussboden muss gut gepflastert, an den Lagerstellen und in den Schlägen mit glatten Eisenplatten belegt sein, um das Abschaufeln zu erleichtern und das Ganze muss mit einem Bodenraum bedeckt sein, da es auf Beibehaltung eines gewissen Trockengrades ankommt. Eine Druckwasserleitung und die erforderlichen Abflüsse für das Wasserplus sind beide ebenfalls, vorzusehen um dadurch der Arbeit eine grössere Bequemlichkeit zu geben. Im Fall des auswärtigen Bezugs einzelner Materialien muss das Atelier mit den Verkehrsanlagen des Werkes in genügender Verbindung stehen und auch in dieser Hinsicht jede Erleichterung bieten.

Das besteingerichtete Atelier ist in Seraing auf den J. Cockerill'schen Werken zu sehen.

2. Kapitel.

Apparate und Geräthe zur Ausführung der Förmerei.

§ 149. Wie aus den Darlegungen des 1. Kapitels vom Ersten Abschnitt dieses Buches (S. 6 u. ff.) hervorgeht, bedarf der Förmer einer grossen Zahl sehr verschiedenartiger Apparate und Geräthe, um seine Formen herzustellen. Viele dieser Dinge haben nur vorübergehende Bedeutung, insofern sie nach Erledigung der Förmereiaufgabe wieder zerstört werden und unter die betreffenden Rohmaterialien zurückgelangen. Dahin gehören einzelne Kerneisen, Stützen, Gehänge, Deck- und Unterlagsplatten, wie sie in den Figuren 9, 14, 15, 18, 20, 27, 33a, 33b zur Anschauung gebracht sind. Es sind dies Dinge, welche sich der Beschreibung entziehen, da sie sich der Förmer herstellt, wann und wie er sie gebraucht, meist ohne jede Controle seitens des Ingenieurs oder der Leiter des Betriebes.

Einen bleibenderen Werth haben die Formkasten und die zu ihrer Behandlung gehörigen losen Holz- und Eisengeräthe, Formbretter, Unterlagen, besonders, wenn sie zur Anfertigung von Current- oder Masseartikeln dienen; indess befolgt man auch den Grundsatz, ein unbrauchbares Inventar sich nicht ansammeln zu lassen und dasselbe gleich zu beseitigen, wenn es nicht mehr gebraucht wird.

Die Handgeräthe der Arbeiter, welche auch meistens deren Eigenthum sind, kommen bei der Betrachtung des Betriebes und der Anlagen ebensowenig in Betracht, wie die Geräthe der seither abgehandelten Betriebszweige, wenn es auch den Anschein hat, als sei die mehr oder minder grosse Vollkommenheit der Förmergeräthe wichtiger für den Erfolg der Arbeit selbst, als dies bei anderen Betriebszweigen stattfindet. Die Herstellung dieser Geräthe wird jetzt von besonderen Fabriken in grösserem Maassstab betrieben und es findet in den betreffenden Collektionen jede Arbeiterhand und jede Anlage das ihr geeignetste und bequemste Utensil in grosser Vollkommenheit hergestellt.

Eine sehr wichtige Gruppe der hierher gehörenden Dinge bilden die Formmaschinen, deren Benutzung nach langjährigen, theilweise in solcher Richtung geschehenen Bestrebungen endlich eine allgemeinere zu werden Aussicht hat und deren Bau sich von Jahr zu Jahr vereinfacht und gleichzeitig vervollkommnet.

In einer gewissen Verbindung mit der Frage der Formmaschinen steht die ausserdem aber sehr wichtige Frage der Modellanfertigung. Die Modelle bilden unstreitig das werthvollste Geräth des ganzen Giessereibetriebs und verlangen bei ihrem Entwurf und ihrer Ausführung einen erheblichen Aufwand an Geschick und Sorgfalt.

Das Material des Kapitels theilt sich hiernach wie folgt:

A. Modelle und Modellanfertigung.
B. Formkasten und sonstige Armaturen der Formen.
C. Formmaschinen.

A. Von den Modellen und der Modellanfertigung.

§ 150. Die Erfolge in der Eisengiesserei hängen wesentlich von einer gleichzeitig richtigen und geschickten Modellirung der abzuformenden Gegenstände ab und es macht die Behandlung dieses Stoffes einen ganz hervorragenden Theil der Specialhandbücher aus.

Die Bedeutsamkeit des Kapitels von den Modellen hat ihre zwei Seiten; einmal macht sie sich geltend in der Geschicklichkeit und Zweckmässigkeit des Modellentwurfs bei allen den Gegenständen, welche eine freiere Behandlung ihrer Form zulassen, namentlich bei den künstlerisch durchgeführten Baugusswaaren und den Bildwerken — dann aber hat sie noch Geltung in der technischen Ausführung der Modelle, in der Wahl und in der Behandlung des geeignetsten Materials.

Beide Beziehungen können hier nur in ihren Hauptzügen und nur andeutungsweise behandelt werden, da sie zu sehr Specialität des Giessereibetriebes sind und da wiederum die erste der Beziehungen eigentlich die Specialität einzelner Gusswerke und Anstalten bildet.

Wer geschickt in Eisen modelliren will, muss das Gusseisen und sein Verhalten in jeder Beziehung aufs Genaueste kennen; namentlich sind die Einflüsse der technischen Behandlung im Giessereiprocesse selbst nie ausser Acht zu lassen, wenn man mit Entwürfen zu Gussmodellen beschäftigt ist. Besonders der Modellconstrukteur für beanspruchte Bauconstruktions- und Maschinentheile hat sich sehr vor einer Gestaltungsart zu hüten, welche die Schwierigkeiten der Herstellung bis zu dauernder nachtheiliger Einwirkung auf die Haltbarkeit der bezüglichen Produkte vergrössert, ohne irgend welche Compensation zu bringen.

Alle sehr ungleichen Massenvertheilungen sind zu vermeiden, weil sie in Folge der hieraus resultirenden verschiedenen Dauer der Abkühlung in den verschiedenen Teilen des Gussstücks Spannungen, Saugungen, versteckte Einrisse u. s. w. hervorrufen können, welche bei oft geringer nachheriger Beanspruchung zu verhängnissvollen Zerstörungen führen.

Ebenso sind alle scharfen Uebergänge zweier Flächen in einander zu vermeiden, weil die dadurch entstehenden scharfen Winkel die gewöhnlichen Angriffsstellen, der fast in jedem Gussstück von complicirterer Form und nur einigermaassen ungleicher Substanzvertheilung auftretenden Spannungen bilden und weil ein Brechen der einspringenden Winkel, die Wahrscheinlichkeit eines Springens erheblich verringert.

Besonders sind bei dem Entwurf von Rädern verschiedener Art die Anschlüsse der Arme oder Speichen an Nabe und Kranz wohl zu überlegen, um das Losreissen der Arme von dem Kranz zu vermeiden. Bei sehr schweren Gebilden dieser Art beobachtet man besondere Vorsichtsmaassregeln und schneidet die Gefahr der Zertrümmerung des schwächeren Theils durch den stärkeren dadurch ab, dass man den Letzteren beim Guss theilt, den Zusammenhang der ganzen Masse also unterbricht und nachher durch eine Hilfsconstruktion wieder zusammenschliesst (Schwungräderkränze).

Erfahrung und Ueberlegung müssen den Construkteur bei allen diesen Aufgaben leiten und ein angehender Ingenieur sollte, ehe er Erfahrungen gesammelt hat, bei dem Modelltischler und dem Giessmeister sich fleissig Rath erholen, ehe er an das Reisbrett tritt, um zu entwerfen.

§ 151. Bei der Modellirung ornamentirter Gegenstände, die keine eigentlichen Bildwerke und Kunstgusswaaren sind, ist auch noch auf die spätere Behandlung der Gusswaare durch Schleifen, Poliren, Anstreichen, Bronciren etc. Rücksicht zu nehmen und eine billige wie bequeme Herstellung mit gefälligem Aussehen ganz gut zu vereinen.

Die gewöhnlichste Aufgabe ist die Bedeckung einer Fläche mit Ornamenten; eine solche Bedeckung muss, von vorn gesehen, einen genügenden Effekt machen, ohne dass die Verzierung etwa stärker hervortritt, als die Platte selber stark ist. Sind die Elemente der Verzierung also breite Blätter

oder Ranken, so dürfen sie gleichsam nur aufgelegtse in und vermögen naturgemäss nur einen geringeren Effekt zu machen, als vielleicht schlank und zart entworfene Ornamente, die linienartig und in Ranken die Flächen überziehen.

Der Verfasser hat in seinen Referaten über den Giessereibetrieb auf der Chemnitzer (1867) und Wittenberger (1869) Ausstellung, Decorationsgrundsätze besprochen, welche die geschickten Zeichner und Modelleure in Lauchhammer nach und nach ausgebildet haben. Förmliche Stylarten der Flächenornamentik haben sich daselbst ausgebildet, die mit der späteren Bearbeitung der Gegenstände durch Schliff und Farbe in engster Verbindung stehen. (S. a. Eisengiessereibetrieb II, S. 376.)

Es lassen sich die nachstehenden Flächenverzierungen unterscheiden:

a. Nielloartige Vertiefungen auf einer ganz ebenen Fläche. Die im Modell bereits vorgesehenen, im Abguss später mit dem Stichel nachzufahrenden, scharfkantigen Flächen werden bei der Vollendung mit Gold ausgelegt und zeichnen sich gegen die blankgeschliffene Fläche in ihrer Metallfarbe oder im schwarzen Ueberzug scharf ab. Bei einer solchen Verzierungsart können nur Linien- und einfachste Umrissarabesken angewendet werden, welche durch Eleganz der Zeichnung und durch Reinheit der Umrisse wirken müssen.

b. Erhabene Verzierungen auf mattem Grund, leistenartig mit etwas breiter Fläche aufgelegt. Sie müssen ebenfalls in reinen, recht charakteristischen Umrissen entworfen werden, sind aber weit kräftiger als die eben erwähnten Nielloverzierungen und stellen eigentlich durchbrochene Gitter vor, die auf einer Platte aufgelegt erscheinen. Bei Kaminfeldern vorzugsweise angewandt, lassen sie sich leicht putzen und blank erhalten, so dass der Eindruck stets kräftig und wirkungsvoll zu erhalten ist.

c. Reliefs auf Platten, deren Mittelfeld eingesenkt erscheint. Die verzierte Platte erhält dadurch eine Art Rahmen und derselbe ist gewöhnlich etwas höher als die leicht zu haltenden Reliefverzierungen des Mittelfeldes. Man kann den Rand deshalb auf der Schleifbank abschleifen, ohne die Verzierung durch die Walze zu berühren und es lassen sich dadurch, namentlich bei Oefen, die prächtigsten Zusammenstellungen blanker und matter Flächen erzielen. Man kann den Eindruck noch steigern, indem man den Grund des verzierten Mittelfeldes mit einem Liniennetz überzieht, welches den guillochirten Zeichnungen auf Silber- und Goldwaaren ähnlich ist. Dadurch erscheint der Grund noch vertiefter und das darauf gelegte Relief hebt sich besser und reiner ab.

Es ist begreiflich, dass geschickte Zeichner, die von Zeit zu Zeit, Monate oder halbe Jahre lang auf Akademien zu senden sind, noch weitere derartige Combinationen ersinnen werden. In den neuerdings so sehr wieder in den Vordergrund tretenden Kachel- und Majolikaöfen sind z. B. massenhaft Motive ähnlicher Behandlungen aufzufinden.

§ 152. Ueber die Behandlung von durchbrochenen Platten und Gittern bei der Modellirung, mögen hier noch etliche Angaben stehen. Hierbei muss die Ornamentirung natürlicher Weise dem Charakter des Gesammtgegenstands entsprechen, im Bezug auf Dimension und Stärke kann man aber von der Behandlungsweise des ähnlichen Flächenornaments abweichen. Man muss die Verzierungen einer durchbrochenen Platte etwas kräftiger und selbstständiger formen, als die der etwa benachbart angeordneten vollen Platten. Der Giessereimodelleur muss aber ausserdem noch die Verzierungszweige hauptsächlich nach der Dicke verstärken und man kann reichlich die Stärke der Vollplatte sich noch auf die Rückseite der Durchbrechungen in der Stärke der Einzeltheile aufgelegt denken. Wenigstens sind, sollte diese Maassregel aus irgend welchen ästhetischen Gründen nicht consequent durchführbar sein, die stärkeren Theile des Ornaments etwas kräftiger zu machen.

Wirkliche Reliefornamente, Vollreliefs, wird man praktischer Weise nur solchen Gegenständen geben, welche bei deren Gebrauch nicht berührt oder gar betreten werden.

Verticale Füllungen, Futterstufen bei Treppen, Treppenwangen, Treppenconsolen — alle diese Dinge kann man mit starken kräftigen Reliefs bedecken. Dagegen wird man vernünftiger Weise den durchbrochenen Auftrittplatten — seien sie über Kellern, Cisternen, vor Lücken, Fenstern, Ladenthüren, an Treppen und bei ganzen Etagen angeordnet — nur ein durch seinen Umriss selber wirksames Muster geben. Im anderen Fall, d. h. bei Anwendung eines an allen Stellen verschieden hohen Reliefs würde man dasselbe möglichst rasch abnutzen müssen, um überhaupt fest auftreten zu können.

Bei allen diesen durchbrochenen Platten, besonders da, wo sie beschritten werden sollen, tritt noch die Nothwendigkeit auf, die Masse innerhalb der Verzierungen so zu vertheilen, dass nachtheilige Spannungen vermieden werden.

Will man einen wirklich künstlerischen Entwurf möglichst intakt erhalten, so ist dies nicht ganz einfach und muss durch Vorsicht und Erfahrungen, nicht durch Befolgung allgemein gegebener Regeln erreicht werden.

Ein anderes Beispiel von grosser Wichtigkeit ist die Vorzeichnung und Modellirung von Gittern aller Art, an welche sich naturgemäss auch die Behandlung von Fenster- und Thürmodellen schliesst.

Hierbei besonders treten alle Spannungen nachtheilig auf, die aus ungleicher Massenvertheilung entsprungen; man muss versuchen, die Differenz in den Querschnitten des Rahmens und der Sprossen auf ein Minimum zurückzuführen und durch Zunahme der Sprossen in der Stärke und Abnahme in der Breite, die vom Architekten geforderte Leichtigkeit des Fensters mit einer gewissen Solidität vereinen.

Durch besondere Anwendung der Sprossen in den Rahmen, durch Unterbrechung der bloss rechtwinkligen Stellung durch schräggestellte oder gebogene Stäbe, die hinten glatt sein können, um keine Veränderung der Scheibenform nach sich zu ziehen, lassen sich die Schwierigkeiten des Fenstergusses sehr vermindern; hilft alles nichts, so muss der Rahmen an einzelnen Stellen getrennt gegossen und nachher durch eingesetzte Beschlagstücke wieder zu einem Ganzen vereint werden. Besonders qualificirte Materialien helfen auch grössere und schwierigere Fälle zu überwinden, z. B. Zusätze zähen Roheisens und Vermeiden aller grellen Brucheisensorten.

§ 153. Eigentliche Gitter, welche aus Vertikalstäben oder Vertikalverzierungen bestehen, welche oben und unten durch wagrechte Leisten verbunden sind, oder in dem Aneinanderstossen der Verzierungen selber Verbindung erhalten, sind den vorher geschilderten Uebelständen nur in einer Richtung unterworfen. Hält man die Stäbe gleichstark, seien sie horizontal oder vertikal, so wird man selten Verziehungen vorfinden; füllt man aber die durch eine Anordnung von Doppelleisten entstehenden Geviertfelder am Fuss und Kopf der Gitter mit schweren Rosetten oder mit anderen Ornamenten aus, so wirken die beiden Verbindungen sowohl oben als unten wie ein massives Glied und ziehen die Vertikalstäbe krumm.

Derart gebildete, besonders aber die mit enger Stabstellung versehenen Muster werden, in zu grossen Fluchten gegossen, in den äussersten Stäben jeder Flucht leicht convex und, ist die Ornamentirung der Stäbe einseitig, so tritt auch auf der ornamentirten Seite eine gewisse Convexität hervor.

Die reichverzierten Gitter im Styl der Renaissance bieten für den Guss insofern die grössten Schwierigkeiten, als dieselben eine Menge vereinzelter Ornamentelemente von sehr ungünstiger Gestalt und Massenvertheilung einzuschliessen pflegen, die ungeschickt verbunden, eine Masse von Spannungen hervorrufen können. Die künstlerische Licenz gestattet einem mit dem Giessereibetrieb vertrauten Modelleur aber auch gerade bei so reichverzierten Sachen die Linien so zu legen, dass sich die Spannungen günstig vertheilen und nicht gerade addiren.

Eine Theilung der Gitter in einzelne Stäbe oder Traillen, die nachher mit angegossenen oder auch mit losen Verbindungsstücken aneinander gestossen werden, wobei auch schmiedeeiserne, die Festigkeit beträchtlich erhöhende Verbindungen zur Anwendung kommen können, hilft in vielen Fällen die Spannungen überwinden, und die Musterbücher einzelner Eisengiessereien enthalten deshalb auch ganze Reihen solcher Traillenmodelle. Grosse gerade Fluchten werden, in solcher Weise zusammengesetzt, durch die Zusammensetzungskosten etwas theuerer, als wenn sie im Ganzen hergestellt würden; andererseits verunglückt der Giesserei bei Beschlag und Aufstellung weniger rohe Gusswaare, als wenn mit grossen Fluchten manipulirt wird. Sehr angemessen erscheint die Theilung bei Treppen und Balkons überhaupt überall da, wo die Zusammensetzung eine etwas schwierigere ist und wo Griffleisten aus Walzeisen und andere Verbindungsstücke ohnehin eingesetzt werden müssen.

Auf solche Einzelstäbe wendet man dann die sorgfältigste Modellirung und Ausführung an, auch gute Ciselirung und reiche Farbengebung wird durch die spätere Benutzung und den Charakter als innerer Bautheil gerechtfertigt erscheinen.

Die Stäbe sind meist nach beiden Seiten rund und mit Reliefs etc. versehen, erhalten nach oben wie nach unten schmiedeeiserne Dorne eingegossen (in welche man Gewinde schneidet), wesshalb bei der Zeichnung des Modells für eine zum Verschweissen der in die Form gelegten Dorne genügende Metallmasse gesorgt werden muss.

Eine noch andere Theilung der Gitter erfolgt bei Anbringen reicher Verzierungen in einem Feld und Leerlassen der anderen; man stellt sich ein leeres Modell der Hauptstäbe her, und setzt dann die Verzierungen der einzelnen Felder in Form von separat gegossenen Füllungen von quadratischen, länglich rechteckigen, achteckigen und rundem Umriss ein, wie Bilder in einem mit Anschlag versehenen Rahmen.

Weitere Beispiele für die beim Entwurf von Gussmodellen zu beobachtende Vorsicht brauchen wohl nicht mehr angeführt zu werden; Baugusswaaren, z. B. Säulen, Balkons, Träger etc. sind ganz leicht ohne jede Spannung zu entwerfen.

§ 154. Beim Entwerfen und beim Zeichnen des Modells ist noch auf die eventuelle Theilung desselben, die Anlage der Kernmarken und andere derartige Umstände Rücksicht zu nehmen, welche aus der fortgesetzten Praxis sich erst ergeben.

Die Modelltheilung wird stets nöthig, sobald der betreffende Gegenstand nach jeder der drei Axen hin eine so bedeutende Ausdehnung hat, dass die zwei- oder mehrtheilige Form, ohne lädirt zu werden nicht vom Modell abgehoben werden kann, sondern das Modell aus der Form gezogen werden muss.

Eine dünne Platte kann man ganz in den Herd oder den Unterkasten legen und es besteht ihr Modell aus einem Stück. Befinden sich auf der einen Seite etwa, hohlkantige Rippen, auf der anderen beliebige Verzierungen, so müssen die Verzierungen im Unterkasten abgeformt werden; die Rippen kommen dadurch in den Oberkasten zu liegen und müssen von der Platte lösbar sein, um nach Oeffnen der Form ausgehoben werden zu können.

Diese Theilung der Modelle geht natürlich nur bis zu einer gewissen Grenze, da die Genauigkeit der Abgüsse durch die zahlreichen, an den Theilungsstellen durch Verschiebung sich leicht einfindenden Ungleichheiten nicht gerade zunimmt. Man hat wohl 2fach, 3fach, 4fach getheilte Modelle, bei denen ausserdem noch einzelne Stücke, welche stark hervorragen, sich ablösen lassen, es sind aber immer nur besondere Fälle.

Die Theilungsebene steht hier in keiner bestimmten Beziehung zum allgemeinen Formentypus des Objektes, z. B. die Henkel, die Stiele, die Füsse einzelner Poterieformen, die Flanschen mancher Rohre, einzelne Spunde und Ansätze derselben, die Nabenscheiben der Getriebe und Riemscheiben und andere über den allgemeinen Umriss des Haupttheils hervorragende Theile des Gegenstandes. Bildwerke werden seltener getheilt; hier hilft man sich durch Theilung der Form selbst und durch ausgiebige Benutzung der Kernstücke.

Bei hohlen Gegenständen, deren Innenräume sich nicht gut mit einem ebenfalls hohlen Modell nachformen lassen, werden diese Raumausfüllungen anders hergestellt und bedarf man dazu sowohl besonderer Formen als auch besonderer Theile am Modell selbst, welche dazu dienen, die Lage der Kerne in der Form zu bestimmen. Diese Theile am Modell, die Kernmarken, müssen vom Modellzeichner ebenfalls vorgesehen werden und haben nachstehende Bedingungen zu erfüllen.

Der in besonderen Kernkasten geformte oder durch Abdrehen in Lehm etc. hergestellte Kern, muss, in die Kernmarkenhöhlungen der Form gelegt, genau die ihm zukommende Lage haben und darf nach dem Zusammensetzen der Form sich nicht mehr verrücken lassen.

Bei zwei Auflagepunkten ist das leicht zu erreichen, bei einem schwer, wenn nicht die Masse der Kernmarkenausfüllung so gross gemacht wird, dass der Schwerpunkt des ganzen Kerns darin zu liegen kommt. Nur bei Kunstsachen und in sonst vereinzelten Fällen kann man dies, weil im Allgemeinen ein sehr grosser Formkasten nöthig wird, dieses Auflager zu beherbergen.

Durch Anwendung metallener Kernspindeln und Kernhalter und durch Festklemmen derselben am Formkasten, durch Einlegen von Kernstützen, die nachher beim Guss verschweissen, hilft man sich am besten in solchen Fällen, wo der Kern zu wenig Auflager hat. Auch die Lage beim Guss ist wichtig, weil man dabei unter Umständen das Auftreiben, bezw. Schwimmen der Kerne verhüten kann.

§ 155. Bei dem Modellentwurf ist gelegentlich der Dimensionirung die Berücksichtigung des Schwindens nicht ausser Acht zu lassen.

Das Schwindmaass, d. h. die Differenz der Linearausdehnung einer abgegrenzten gleichen Masse Roheisens im flüssigen und im festen Zustand, beträgt

für graues mittelgrobes Gusseisen	ca. $1/_{00}$,	genau $^1/_{96}$	seiner Länge
für Zink	„ $1{,}25/_{00}$,	„ $^1/_{80}$	„ „
für Messing	„ $1{,}5/_{00}$,	„ $^1/_{62}$	„ „
für Kanonenmetall	„ $0{,}77/_{00}$,	„ $^1/_{130}$	„ „
für Zinn	„ $0{,}67/_{00}$,	„ $^1/_{147}$	„ „
für Blei	„ $1{,}1/_{00}$,	„ $^1/_{92}$	„ „

Aus den linearen Schwindmaassgrössen eines Körpers berechnet Ledebur (Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1869, S. 1. — Dürre, Eisengiessereibetrieb II, S. 399) die cubische Schwindung einfach in folgender Weise.

Er setzt v = Volumen eines Körpers vor dem Schwinden,
v_1 = „ „ „ nach „ „
a = eine Seitenlänge desselben vor dem Schwinden,
a_1 = „ „ „ nach „ „
s = den linearen Schwindungscoefficienten,
s_1 = den cubischen Schwindungscoefficienten und folgert nachstehende drei Relationen:

1. $a_1 = a\,(1 - s)$,

2. $s_1\, v = v - v_1$ also $s_1 = \frac{v - v_1}{v} = 1 - \frac{v_1}{v}$,

3. $\frac{v_1}{v} = \frac{a_1^3}{a^3}$,

da sich die Rauminhalte ähnlicher Körper wie die Cuben gleichliegender Seiten verhalten.

Bayerische Staatsbibliothek München

Substituirt man den Werth von a_1 aus 1. in 3., so erhält man

$$\frac{v_1}{v} = \frac{[a(1-s)]^3}{a^3} = (1-s)^3 = 1 - 3s + 3s^2 - s^3$$

woraus sich weiter entwickelt:

$$4.\quad s_1 = 1 - \frac{v_1}{v} = 3s - 3s^2 + s^3.$$

Wegen der Kleinheit des Werthes s kann man die Potenzen s^2, s^3, ohne erhebliche Beeinträchtigung des wirklichen Werthes vernachlässigen und erhält

5. $s_1 = 3s$, d. h. der Coefficient für die cubische Ausdehnung ist ungefähr 3mal so gross als der für die lineare Schwindung.

In ganz gleicher Weise ergibt sich der Coefficient für die Flächenschwindung gleich dem doppelten Coefficienten der linearen Schwindung.

§ 156. Noch ist zu bemerken, dass die verschiedenen Roheisensorten verschiedene Schwindmaasse haben und dass sich ziemlich weitgehende Unterschiede dabei constatiren lassen. Während das mittelkörnige graue Roheisen ca. 1,0/₀₀ schwindet, liegt das Schwindmaass des ganz weissen kohlereichen Eisens, z. B. des Materials der Hartgussschalen, der rasch erstarrten weissen Rinden, zwischen 2/₀₀ und 3/₀₀, oft ganz nahe an 3/₀₀.

Praktische Versuche, die ebenfalls Ledebur gemacht und veröffentlicht hat, ergeben, dass die Schwindmaasse einer Reihe von Eisenmischungen zwischen 1,00/₀₀ und 1,6/₀₀ liegen, sobald die Graphitausscheidung noch fortdauert, wenn auch nur im innersten Kern der untersuchten Massen.

Es wurden folgende 5 Sorten untersucht:

1. Eine Mischung aus 2 Theilen schottischem Cokesroheisen I mit 1 Theil Holzkohlenbrucheisen, im Cupolofen geschmolzen, zeigte eine dunkelgraue Bruchfläche von körnig krystallinischer Textur und reichlicher Graphitausscheidung;

2. Holzkohleneisen direkt aus dem Ilsenburger Hochofen von stark garem Gang mit dunklem, blaugrauen Bruch, etwas heller als die vorhergehende Mischung, aber mit Garschaumbildung an der Oberfläche;

3. Halbirtes Holzkohleneisen aus dem Ilsenburger Hochofen, ebenfalls direkt gegossen und ohne jede Umschmelzung — minder dunkel als No. 2, aber noch vollständig grau von Farbe;

4. Starkhalbirtes, d. h. deutlich fleckiges Holzkohleneisen, ebenfalls direkt dem Ilsenburger Hochofen entnommen, mit lichtgrauer Färbung auf frischem Bruch, in welcher Färbung der Graphit in schwarzen Flecken auf deutlich erkennbarem weissen Grunde erscheint;

5. Dichtes weisses Holzkohleneisen aus dem Ilsenburger Hochofen, nur im innersten Kerne Spuren von Graphitbildung als weisse Pünktchen erkennen lassend.

Der Probestab war im Modell 1 m lang und hatte einen genau quadratischen Querschnitt von 5 × 5 = 25 qcm; es ergaben nunmehr die Mischungen nachstehende Resultate:

1.	Länge des Abgusses	0,992 m	Schwindung	0,008 m	in Procenten	0,8
2.	„ „ „	0,990 „	„	0,010 „	„ „	1,0
3.	„ „ „	0,989 „	„	0,011 „	„ „	1,1
4.	„ „ „	0,987 „	„	0,013 „	„ „	1,3
5.	„ „ „	0,984 „	„	0,016 „	„ „	1,6

Diese Reihe ist leider nicht vollständig im Hinblick auf alle überhaupt gekannten Roheisensorten, aber hat doch praktischen Werth, da ihre Bestimmungen noch allesammt im Kreis des Giessereibetriebs liegen.

Man sieht daraus, dass je grauer das Eisen ist, um so weniger dasselbe schwindet und dass somit eine gewisse umgekehrte Proportionalität zwischen der Graphitausscheidung und dem Schwindmaasse zu beobachten ist. Hierzu muss bemerkt werden, dass bei verschieden verlaufender Erstarrung desselben Roheisens eine Veränderung des Schwindmaasses jedesmal eintritt, wenn die Qualität des Roheisens, d. h. seine Graphitausscheidung dabei sich erheblich ändert. Tritt aus irgend welchen Gründen keine Veränderung der Roheisenbeschaffenheit ein, so muss nach mehrfachen Erfahrungen angenommen werden, dass die Schwindung wieder der Dauer der Abkühlung proportional sei. Ledebur hat bei seinen Versuchen selber die Erfahrung gemacht, dass ein dünner Stab sich weniger zusammengezogen habe, als mehrere stärkere Stäbe desgleichen Materials.

§ 157. Für die Giessereipraxis ist diese Proportionalität des Schwindens mit der Abkühlung neben der umgekehrten Proportionalität des Schwindens mit dem Graphitgehalt nie aus dem Auge zu verlieren, will man allen Einflüssen bei verschiedenen Erstarrungen begegnen.

Ganz besonders kommt hierbei noch die Frage der grösseren oder geringeren Gusshitze hinzu, um die Länge des Abkühlungsstadiums und damit die Grösse des Schwindmaasses noch erheblicher zu modificiren. Es ist bekannt aus Erfahrungen beim Guss von Geschossen und anderen Artikeln, welche einer sehr genauen Controle durch Messung und Wägung unterliegen, dass heisseres oder kühleres Schmelzen, heisseres oder verzögertes Giessen stark auf die Dimension und auch auf die Gewichte der nach gleichem Modell aus wesentlich gleichem Eisen hergestellten Objekte einwirken.

Aus allen den Verhältnissen, zu denen noch die Einflüsse der Modellsubstanz (trocknendes Holz, schwindende, plastische Materialien) sich gesellen, geht hervor, dass der Modelleur, im weitesten Sinne verstanden, keinen absolut sicheren Anhalt in Betreff der Schwindung des Gusseisens besitzt und eine durchgreifende Regel für die Abmessung der Modelle sich daraus eigentlich nicht ableiten kann.

Aeltere empirische Gewohnheiten beim Aufbau der Modelle geben wohl eine Führung, doch immer nur eine unsichere; oft ist ein Fehlguss die Veranlassung, für eine ausgedehnte Form oder für einen Gegenstand von ungleicher Massevertheilung das genaue Modellmaass zu bestimmen und die nothwendige Umänderung des vorher nach den üblichen Regeln dargestellten Modells festzustellen.

In Masse- und Lehmformen z. B., deren eigenes Schwinden das Resultat der Modellconstruktion alterirt und desshalb mit berücksichtigt werden muss, ist fast immer ein Nachmessen und je nach Ausfall der Messungen, ein Ausreiben oder ein Auflegen von Formmasse oder Formlehm nothwendig, um nach dem Trocknen die ganz richtigen Verhältnisse zu erhalten.

Wenn in solchen Formmaterialien die complicirtesten Maschinenstücke etc. hergestellt werden, ist eine solche Controle besonders erforderlich, sonst würde ein Gelingen ziemlich in Frage gestellt sein.

Durch Uebung bringt man es schliesslich dahin, dass zur Bearbeitung der Lauf- und Passflächen nur ganz unerhebliche Verstärkungen gegeben zu werden brauchen, z. B. bei grossen Cylindern kaum 5—6 mm zum Abdrehen, bei grossen und starken Maschinenrahmen, Fundamentplatten, Betten für Drehbänke und Walzwerke kaum die Substanz eines schwachen Spans.

Giessereien, welche Artilleriematerial liefern, gelangen noch weiter, so dass z. B. Lowmoor bei der Darstellung 36zölliger Bomben (ca. 0,9 m Durchm.) keine grössere Abweichung erreichte als 1/10 Zoll (Mallet, Practical mechanics Journal 1867/69, S. 325) und dass heute sowohl Spandau als Siegburg u. a. Etablissements dieser Art noch nicht halb so grosse Fehler in den Dimensionen machen, wenn sie erst auf ein bestimmtes Modell eingearbeitet sind.

Eine solche Genauigkeit erlangt man allerdings erst dadurch, dass alles berücksichtigt wird und dass man auf Wahl des Eisens, Führung des Schmelzens, Giesshitze, Dichtigkeit und Wärmeleitungsfähigkeit der Form, Modellsubstanz, Formkastenconstruktion etc. stete Aufmerksamkeit verwendet.

In erster Linie steht allerdings eine grosse Sauberkeit und Genauigkeit in der Modellarbeit selber und die Wahl einer geeigneten Substanz zur Modellherstellung, wobei wieder eine ganze Reihe von Verhältnissen zur Sprache kommen.

§ 158. Die technische Herstellung der Modelle wird in der verschiedensten Weise betrieben, je nachdem es sich um stark gebrauchte oder wenig gebrauchte Modelle handelt, je nachdem also ein mehr oder minder dauerhaftes Material verwendet werden muss.

Im Fall häufiger Wiederholung ist das Modellmaterial stets Metall. Zu den feinsten Arbeiten verwendet man dann eine Broncelegirung, die sich gut ciseliren lässt und eine gewisse Härte und Oberflächendichtigkeit besitzt. Minder feine Arbeiten können mit Hilfe von Messingmodellen — gusseisernen Modellen — oder Modellen aus einer härteren Bleilegirung (Blei-Zinn, Blei-Zink, Blei-Antimon-Zink etc.) hergestellt werden. Das billigste aller dieser Materialien ist das Gusseisen, das beste die Bronce; man wird beide Theile am ehesten vereinigen, wenn man die Formmodelle, die dem Arbeiter in die Hand gegeben werden sehr sorgfältig aus Gusseisen herstellt und um sie recht sorgfältig machen zu können, sich eines Normalmodells bedient, das aus Bronce gefertigt ist und das möglichst intakt zu erhalten gesucht wird. Natürlich sind bei solcher doppelten Reproduktion die doppelten Schwindungen der betreffenden Materialien zu berücksichtigen, sobald das Form- oder Fertigmodell einzelne bestimmte Abmessungen garantirt erhalten soll.

In einzelnen Fällen macht man auch die Formmodelle von Bronce, weil das Ciseliren des Gusseisens mehr Kosten verursacht als die Mehrausgabe an Metallwerth (der noch dazu immer bleibt).

Bei Geschossguss ist z. B. die Verwendung genau abgedrehter Modelle das einzige Mittel, um genau gleichgrosse Formen herzustellen und wenigstens diese eine Seite der schwierigen Aufgabe mit einiger Aussicht auf Erfolg zu lösen.

Bildwerke sind, abgesehen von der Benutzung von Gypsmodellen, nach Broncemodellen abzuformen, weil dieselben sich mit allen Feinheiten der Modellbehandlung durch den Ciseleur eher versehen lassen, als wenn sie aus Eisen gegossen worden wären.

Gewöhnlichere Verzierungen und Kunstsachen können ganz gut nach eisernen Modellen angefertigt werden, sobald eine grosse Zahl von Abgüssen nothwendig ist und sobald ein gutes Normalmodell in Feingusssand abgeformt und abgegossen wurde.

Architekturstücke können, die grösseren nach Holzmodellen, die kleineren nach Metallmodellen und manche auch nach zusammengesetzten Modellen geformt werden. Es sind hier naturgemäss die verzierteren Bautheile, Säulen, Träger, Stützen, Gitter, Fenster gemeint, während einfachere und massigere Objekte derselben Klasse, wie alle Modelle für weniger zahlreichen Abguss vorwiegend aus Holz herzustellen sein werden.

Poterie- und verwandter Hohlguss, Ausgüsse, Oefen etc. sind vorwiegend nach Gusseisenmodellen zu machen, da Modelle von Bronce hierzu zu kostspielig sein würden. In neuester Zeit benutzt man im Bereich dieser Klassen vielfach die aus Blech durch Stanz- und Schweissprocesse hergestellten Blechmodelle, welche, namentlich beim Poterieguss, Normal- und Formmodell in einem Stück vereinigt darstellen und den Vorzug gleichmässigster Wandstärke und grosser Leichtigkeit haben.

Alle übrigen Artikel, die auf Giessereien fabricirt werden, formt man nach Holzmodellen und macht nur für Masseartikel (auch wenn sie umfänglich sein sollten, z. B. Rohre) eine Ausnahme, indem man bearbeitete Giessereimodelle benutzt.

§ 159. Das Detail der Modellherstellung ist sehr verschieden, je nach dem Material des Modells, und es kommen die folgenden technologisch unterscheidbaren Arbeiten im Bereich der Modellanfertigung vor.

Modellirarbeiten in weichem nachgiebigen Material, Thon oder Wachs, unterscheiden sich in Ausführung und in den erforderlichen Vorkehrungen, Räumlichkeiten, Hilfsmitteln und Geräthschaften in nichts von den sonstigen Modellir- und Bildhauerateliers. Besonders fruchtbar für Eisengiessereien ist die namentlich in Lauchhammer cultivirte Methode, glatte Holzflächen, welche für den zu bildenden Gegenstand eine geschlossene Hauptfläche bilden, mit aufgesetzten Reliefs von Wachs und Wachsmischungen zu bedecken, die, wenn sie durch einen hinlängen Zusatz von Asphalt und Mennige hart gemacht sind, sich ganz gut in Sand nachformen lassen, um ein gutes Hauptmodell darzustellen. Die sonstigen Modellirarbeiten in Thon werden genau so ausgeführt, wie bei jedem Bildhauer; Aufbau und Ausarbeiten unterliegen denselben Anforderungen.

Modellarbeiten in Holz sind der Gegenstand der Modelltischlerei, welche einen wichtigen Betriebszweig aller Eisengiessereien, besonders der mit Construktionsateliers verbundenen Werke bilden. Die Einrichtungen und der Betrieb solcher Werkstätten entsprechen im Allgemeinen der Einrichtung und dem Betrieb jeder grösseren Tischlerei, nur müssen einige technische, namentlich auf das Verhalten und die Behandlung des Holzes sich beziehende Grundsätze und Maassregeln noch etwas stärker in den Vordergrund gestellt werden als bei der Bau- und Möbeltischlerei, da es bei der Modelltischlerei in erster Linie auf Genauigkeit der Abmessungen und auf eine dichte glatte Oberfläche ankommt, während die Färbung, die Aderung und Maserung des Materials, seine Politurfähigkeit für die Möbelherstellung in hervorragendem Maasse, für die Modelltischlerei aber weniger wichtig sind.

Man unterstützt die Modelltischlerei in ihrem Betrieb durch Holzbearbeitungsmaschinen, wiewohl Kehl- und andere Profilhobelmaschinen etc., welche bei der Möbeltischlerei so viel Zeit ersparen, hier seltener zur Verwendung kommen. Einige Sägen und einige Drehbänke, eine oder zwei Glatthobelmaschinen — das dürfte alles sein, was ein anspruchsvoller Modelltischler sich wünschen und auch brauchen könnte.

Ein guter Holzvorrath, gelegentlich durch gute Ankäufe gesunder Stämme alter Bäume ergänzt, ist viel wichtiger für die Modellanfertigung als alles andere, da das Holz in den Modellen noch weniger arbeiten soll als in den Möbeln und Bauarbeiten. (Vergl. des Verfassers Eisengiessereibetrieb II, S. 409 u. ff.)

Zu der Modelltischlerei gehört auch das Holzstechen, die Bildhauerei in Holz — die aber nur in beschränktestem Maasse vorkommen sollte, da sie weit theurer kommt, als das Modelliren und Ciseliren und da solche Holzmodelle doch nur sehr wenige Abgüsse aushalten, ohne sich total zu werfen und zu verziehen.

Die Modellarbeiten in Metall fallen entweder in das Bereich der Giesserei, oder wie bei den zu stanzenden Poterie- u. a. Modellen, in das der gepressten Metallwaaren. Die Utensilien sind ausser ein paar Glüh- bezw. Schweissöfen, eine grosse Schwungkugel- oder Balancierpresse in der Art der bei der Silber- und Neusilberwaarenindustrie verwendeten. Das Hauptinventar wird allerdings aus einer möglichst reichen Collection von Patrizen und Matrizen bestehen, die z. Th. sehr sorgfältig zu bearbeiten sein werden, um die hinlängliche Glätte der Produkte zu sichern.

Aus dem Gesagten ergeben sich die Anforderungen an die Einrichtung der Arbeitsräume von selber, welche nur eigentlich für die Modellirwerkstatt und die Tischlerei selbstständig zu sein brauchen; für Giessen und Treiben der Modelle sind Giesserei und Schmiede da.

B. Formkasten und sonstige Armaturen der Formen.

§ 160. In Betreff der Einrichtung der Formkasten und der sonstigen Armaturen der Formen ist hauptsächlich auf die Darlegung der Förmereiprocesse hinzuweisen, wie sie § 14, S. 9 u. ff. gegeben worden ist. Die Zahl der hier möglichen Combinationen und Anordnungen der Einzelstücke ist fast endlos und beim Zusammenfassen der allgemeinen, dabei bedingend eintretenden Gesichtspunkte wird eine Beschränkung auf die Materialfrage und nur wenige Principien der Construktion allein möglich sein.

Es kommen hier zur Sprache:

Die eigentlichen Formkasten.
Die Gehänge und Spreizen.
Die Spindeln und Kerneisen.
Die Lehmgusstheile.
Die Formbretter und Unterlagen.
Die Coquillen für den Hartguss.

Man kann aber die Sache einfacher machen, wenn man die zur Sandförmerei benutzten Formkasten, Gehänge und Spreizen, Formbretter und Unterlagen zusammennimmt und sie von den, bei fetten Formmaterialien benutzten Formkasten, Spindeln und Kerneisen, Lehmgussarmaturen trennt und als dritte Klasse die Hartgusscoquillen nebst Zubehör für sich allein stellt.

§ 161. Die Armaturen des Sandgusses bestehen bei kleineren Gegenständen lediglich aus den ein- bis viertheiligen Formkasten und aus den zum Füllen und Wenden desselben zu benützenden Formbrettern und Unterlagen.

Während das Material der letzteren naturgemäss Holz und bei Unterlagen für doppelseitig verzierte Stücke ein mit Gyps ausgegossener Holzrahmen ist, so wird zur Herstellung der Formkasten nur ganz ausnahmsweise Holz (1864 noch im k. k. Artilleriearsenal zu Wien), vorwiegend aber Metall, d. h. Gusseisen oder Schmiedeeisen genommen.

Die erste, an einen Formkasten zu stellende Anforderung, ist Starrheit und Unnachgiebigkeit während der Benutzung, d. h. während des Vollstampfens. Sobald die Wände des Formkastens federn oder sich verbiegen, ist die Adhäsion des Sandes an dem Formkasten und auch selbst in sich aufs höchste gefährdet und man wird das Zusammenfallen der Form immerhin zu gewärtigen haben, wenn es auch nicht in jedem Fall eintritt.

Da nun, besonders für die kleinere, allein von Hand auszuführende Kastenförmerei eine gewisse Leichtigkeit sehr erwünscht ist, so wird ein an sich starres unbiegsames Material von hinlänglicher Festigkeit jedenfalls vor einem biegsamen, wenn auch an sich zäheren und festeren Material den Vorzug verdienen und deshalb haben sich Formkasten von Eisenblech auch nur wenig einbürgern können. Eisenblech, wenn es sich nicht ausbiegen oder durch Stösse eindrücken lassen soll, muss so dick genommen werden, dass der Vorzug der Leichtigkeit gegenüber dem Gusseisen verschwindet und dass man entschieden besser thut das letztere als Material für diese so nothwendigen Armaturstücke zu benutzen. Bei dem erheblich geringeren Preis des Gusseisens steckt dann auch in dem, trotz aller Vorsicht immerhin sehr starken Formkasteninventar kein so hohes Capital, als bei den, durch Rosten und andere Einflüsse ebenso schnell unbrauchbar werdenden schmiedeeisernen Geräthen gleicher Bestimmung.

In welcher Weise durch Beschläge, Griffe, Charniere und Bügel die Formkasten vervollständigt werden, geht aus einzelnen der früher mitgetheilten Förmereibeispiele hervor.

§ 162. Mit zwei nahezu parallelen Formkastenwänden, die nur unten durch Sandleisten dem Sand einen gewissen Halt geben, kann man natürlich nur eine ganz bestimmte Sandmasse so zum Halten bringen, dass sie die Operation des Wendens etc. verträgt ohne einzufallen. In der geschlossenen Form, auch nach der Wegnahme des Modells, ist ja dann Auflagefläche genug vorhanden, um ein Einstürzen des Sandes nicht befürchten zu müssen. Die Haltbarkeit einer solchen Sandlage ist bedingt durch die Grösse der Adhäsionsfläche, den Adhäsionsgrad des Sandes an sich und das Verhältniss der gesammten Adhäsionskraft zum Gewicht des Sandes.

Demnach wächst die Haltbarkeit einer solchen Formkastenanfüllung mit der Höhe des Formkastens (die bei gleichbleibendem Querschnitt die Grösse der Adhäsionsfläche bedingt), mit der Fettigkeit und mit der Feuchtigkeit des Sandes (welche beide den specifischen Adhäsionsgrad des Sandes steigern) und mit der Leichtigkeit des Formmaterials.

Aus diesen Beziehungen ergibt sich, besonders für flache Formkasten und für magere Sande von geringerem Adhäsionsgrade, wie sie doch vorzugsweise gebraucht werden, bei Vergrösserung der Formkastenfläche (des Horizontalquerschnittes) sehr schnell die Nothwendigkeit, durch irgend welche Hilfsmittel das Herausfallen des eingestampften Sandes zu verhindern.

Man benutzt dazu entweder eingelegte gegossene Gehänge, welche, um nicht mit ihrem Gewicht das Gewicht der Sandausfüllung zu steigern, entweder auf die Sandleiste gelegt werden, oder bei gitterartiger Gestaltung mit langen Fortsätzen auf der Oberkante des Oberkastens aufliegen und aus dem gefüllten Kasten hervorsehen. Beide Auswege sind nicht besonders elegant, wenn auch nicht so roh als das vielfach noch beliebte Einkeilen von Holzstücken, Bretter- oder Lattenstücken zwischen die Formkastenwände.

Der richtigste Weg, um das Herausfallen, selbst das leiseste Verdrücken und Verschieben des Sandes zu hindern, ist die Theilung des im Verhältniss zur Höhe, also zur Adhäsionsfläche zu gross gewordenen Kastens in zwei oder mehrere kleine durch metallene Scheidewände.

Die so entstehenden Fächerkasten können gleich von Anfang an mit Fächern hergestellt werden, welche dann ganz genau nach der Grösse und Gestalt des darin zu formenden Gegenstandes sich richten müssen. Bei einiger Neigung zur Sparsamkeit, kann man einzelne der Fächer zum Einlegen und Auswechseln einrichten, um mehreren Fällen der Anwendung gerecht werden zu können. Man wird aber einen wirklichen Vortheil nicht erreichen, da es sich bei allen sorgfältig durchgebildeten Förmereiprocessen gezeigt hat, dass, je mehr sich der Formkasten dem Einzelgegenstande anpasst, desto mehr Vortheile aus solcher Disposition hervorgehen.

Die Wandstärke, die dem Formkasten zu geben ist, richtet sich natürlich nach ihrer Grösse und wird am besten durch Erfahrung ermittelt. Bei der Anordnung von Fächerwänden, Querrippen etc. kann man erheblich leichter construiren, als wenn grosse und lange Wände vollkommen ohne gegenseitigen Halt zu einem Kasten zusammengebaut werden; nach der Wandstärke richtet sich weiter die Dicke und Grösse der Beschläge.

§ 163. Die Armaturen des Massegusses und des Lehmgusses bestehen, wie schon angedeutet, aus Formkasten, Spindeln und Kerneisen, Unterlagen, Ankerplatten und Bügeln (für den Lehmguss), wozu sich noch die Schablonen gesellen.

Die Formkasten entsprechen in der Construktion den Formkasten für gewöhnlichen Sandguss, mit der alleinigen Abänderung, dass sie gewöhnlich weit dickere Wände erhalten, überhaupt weit kräftiger construirt sind als jene. Für einzelne oft wiederkehrende Arbeiten, z. B für den Röhren- und Walzenguss, für Glocken etc. erhalten sie genau dem Modell in bestimmter Entfernung nachgehende Gestaltungen und Umrisse, um mit einem Minimum von Sand auskommen zu können. Beschläge und Handgriffe sind ebenfalls entsprechend stärker zu machen und so anzuordnen, dass mit den Krahnen bequem gearbeitet werden kann.

Die Spindeln und Kerneisen bilden bei der Fabrikation einzelner Klassen von Waaren einen namhaften Theil des Inventars und verlangen, wie das schon die Bemerkungen über das Röhrenformen § 39, S. 26 zeigen, genaue und sehr überlegte Darstellung.

Das Material der Spindeln und Kerneisen ist meist Metall; seltener und nur bei sehr weiten und dabei kurzen Rohrstücken etc. hat man früher auch hölzerne aus Latten und Scheiben gebildete Korbspindeln verwendet, die mit Strohseilen umwickelt und mit Lehm überzogen wurden. Gusseisen ist das am häufigsten verwendete Material, wenn die Dimensionen es gestatten, dasselbe hohl anzuwenden und dadurch gleichzeitig leichte und doch hinlänglich starre und feste Kerneisen zu liefern.

Bei den allergrössten Röhrengüssen wendet man hohle, auf Scheiben mit Drehaxen montirte Spindeln an und nur bei ganz engen Rohren geht man zum Gebrauch schmiedeeiserner Spindeln, aus gezogenen Röhren, die mit Löchern durchbohrt sind, hergestellt, über.

Man hat für verschieden starke Hohlgüsse, die aber nicht oft wiederkehren, nicht immer genau angepasste Kerneisen, sondern behilft sich dann mit ungefähr passenden Hohlspindeln oder auch mit massiven Spindeln aus Gusseisen, welche aber sternförmige Querschnitte haben und mit Längsrippen versehen sind. Diese Querschnitte sind früher deshalb bevorzugt worden, weil sie, worauf es bei allen diesen Formtheilen, die ganz von flüssigem Guss umschlossen werden, ankommt, die Gase, die in der Kernmasse sich entwickeln, bequem hinauslassen.

Aus diesem Grund werden die cylindrischen Hohlspindeln auch mit der grossen Anzahl von Löchern versehen, die auf Fig. 31a erkennbar sind und die bei den gusseisernen Spindeln durch Aussparen, bei den schmiedeeisernen durch Bohren hergestellt werden.

Andere unregelmässig geformte Kerne, die nicht durch Abdrehen oder irgend eine ähnliche einfache Manipulation gebildet werden können, erhalten aus freier Hand im Schmiedefeuer zurechtgebogene oder im Herd entsprechend gegossene Kerneisen. Aehnlich verhält es sich mit etwaigen Kernstützen bei grossen Sandkernen; bei Kesseln in Sandguss hängen beispielsweise korbartige Fortsetzungen der Fächer des Oberkastens herunter, welche dem schwebenden Sandkern Halt geben, ohne ihm die Durchlässigkeit zu nehmen.

§ 164. Der Lehmguss erfordert eine Reihe von Metall-, gewöhnlich Gusseisen- oder Schmiedeeisentheilen, welche bei jedem Stück anders ausfallen und nur bei Wiederholungen (eine Seltenheit im

Gebiet des Lehmgusses) aufbewahrt werden können. Ein Beispiel solcher currenten Waare gibt die Fig. 33b, S. 31 abgebildete Form des Pattinsonirkessels, doch sind derartige Fälle äusserst wenige.

Ringförmige oder volle mit Luftlöchern versehene Grundplatten zum Aufbau und Abdrehen der Formen, Deckplatten zum Abschluss derselben, Winkel und Klammern zum Verbinden derselben bei nicht zu bedeutender Höhe, sind die hauptsächlichen Gusstheile für die Benutzung beim Lehmformen, während das Schmiedeeisen gewöhnlich zur Versteifung der Mäntel, zur Verschraubung der Schlüsse und zu anderen ähnlichen Zwecken gebraucht wird. Es befindet sich zu diesem Behuf am besten ein kleines Schmiedefeuer in der einen Ecke der Lehmgiesserei, wo einer der Vorarbeiter sich das erforderliche Armaturmaterial zurechtbiegt, zusammenschweisst etc.; grosse Ansprüche an Eleganz werden wohl kaum gemacht. Beschläge an einzelnen der Armaturstücke für Lehmguss, z. B. Ringe oder Oesen, um Krahnseile durchzuziehen, vermeidet man, sondern giesst gleich durchlöcherte Lappen an; allenfalls kann man auch Rundeisenringe eingiessen.

Schablonen zur Lehmförmerei, ja zu einzelnen Objekten der Masseförmerei gehören wohl eher zu den Modellen als zu den Geräthschaften; sie werden aus Holz gemacht, schräg geschnitten und bei wiederholter Benutzung muss die formende Kante mit Blech beschlagen werden, auch sind die Schablonen mit Querleisten zu versehen.

Zu ihrer Benutzung gehören auch Schablonenspindeln, welche abnehmbar sein müssen, für welche aber an geeigneter Stelle, in den Darrkammern, in den Dammgruben, sowie an sonstigen Stellen des Arbeitsraumes Lager und Halter vorhanden sein müssen, in welche sie rasch eingelegt werden können. Sie müssen unter Umständen schräg gestellt werden können, auch müssen mehrere Axen an einem Gussstück gleichzeitig arbeiten können, wodurch allerdings die Einrichtung etwas complicirter wird.

Eine musterhafte Anlage dieser Art und von der grössten Leistungsfähigkeit ist die Lehmförmerei zu Seraing bei Lüttich, auf den Werken der Gesellschaft J. Cockerill. Es wird vor der Darrkammer gearbeitet auf fahrbaren Gestellen, welche über Geleisen leicht beweglich sind. Die Drehaxen der Schablonen hängen an Auslegern, welche theils an der Wand, theils an Säulen im Mittelraum befestigt sind. Dadurch wird es auch möglich mit zwei, selbst mit drei Spindeln an einem Gussstück thätig zu sein, was bei Zweigrohren grösster Dimension erhebliche Vortheile bietet.

C. Formmaschinen.

§ 165. Eine in der Neuzeit vielgebrauchte, wenn auch nicht allgemein eingeführte Vorrichtung zur Förmerei ist die „Formmaschine", deren Betrachtung sich bei einer Darstellung der Förmereivorrichtungen an die Modell- und Formkastenbeschreibung deshalb am besten anschliessen lässt, weil bei der Formmaschine Modell- und Formkasten-Construktion sehr wichtige Verhältnisse bilden und erstere sogar oft einen integrirenden Theil der Formmaschinen-Construktion selbst.

Das Bestreben, bei sehr oft wiederkehrender Herstellung desselben Gegenstandes dem Förmer die Arbeit dadurch zu erleichtern, dass man ihn mit mechanischen Hilfsmitteln ausstattet, ist ein ziemlich altes, denn es finden sich schon zur Zeit der ersten Londoner Ausstellung 1851 Nachrichten über Formmaschinen.

Allerdings hatte man anfänglich die Absicht, alles durch die Maschine ausführen zu lassen, was der Förmer sonst persönlich that und glaubte mit Sicherheit und Leichtigkeit das gesteckte Ziel zu erreichen. Man wollte dem Arbeiter das Sandstampfen ebenfalls wie das Ausziehen des Modells abnehmen und ihn eigentlich mehr oder minder zum Wärter der Formmaschinen degradiren. Betrachtet man aber die Erfolge der zahlreichen nach beiden Richtungen gemachten Vorschläge, so muss man sagen, dass selbst in Ländern mit hohen Arbeitslöhnen das Stampfen von der Hand, wenn ihm durch genaue Construktion der Formkasten und Modelle die nöthige Beschränkung gegeben wird, immer noch in vielen Fällen billiger zu stehen kommt, als das Stampfen mit der Maschine — soweit überhaupt bisher Stampfformmaschinen in länger andauerndem Gebrauch waren.

Es ist nach dem über Natur und Behandlung des Formsandes Gesagten auch vollkommen erklärlich und der Verfasser hat schon 1863 bei dem Studium der Formmaschinenfrage auf der Gleiwitzer Hütte den Standpunkt eingenommen und seither festgehalten: die Construktion einer universell gültigen und brauchbaren Stampfvorrichtung überhaupt für unausführbar zu halten, weil die unendliche Variation in der Qualität der brauchbaren Formsande und Formsandgemische eine so verschiedenartige mechanische Behandlung beim Stampfen erfordert, dass nimmermehr ein Theil einer Maschine, sondern nur die fühlende Hand eines Arbeiters alle nothwendigen Nüancen der Compression rasch und bequem herzustellen vermöchte. Es könnte allerdings eine Ausnahme geben, da in einzelnen Fällen, z. B. bei der Darstellung der Masseformen es wirklich nicht darauf ankäme, einen gleichen Grad der Porosität in dem Formmaterial zu haben, aber selbst da könne eine Formmaschine doch nur einer ganz bestimmten lokalen Eigenthümlichkeit auf den Leib geschnitten werden und es seien nur gute Resultate zu erwarten, wenn Maschine und zu arbeitendes Material einander genau entsprächen. Die

seitdem verflossenen 2 Decennien haben bewiesen, dass in der That der völlige Ersatz der Handarbeit durch eine maschinelle Vorrichtung für die allermeisten Fälle nicht ausführbar ist, dass aber wohl durch vervollkommnete Einrichtung der Modelle und Kasten die Handarbeit quantitativ eingeschränkt werden kann.

§ 166. Gelang es auch nicht, das maschinelle Stampfen durchzuführen, so gelang es umsobesser, das Ausziehen des Modells so zu vervollkommnen, dass man nicht mehr von der grösseren oder geringeren Ruhe und Sicherheit des Förmers abhängig war, sondern, dass ein Ruck und ein Zug genügten, um das in Führungen bewegliche Modellstück glatt und sauber aus der Form zu ziehen. Der Zeitaufwand, den das seitherige Modellausheben beanspruchte, wurde dadurch ganz erheblich verkürzt, besonders aber die Qualität der Güsse bedeutend gesteigert.

Nach dieser Richtung sind schon frühzeitig Erleichterungen des Betriebes angestrebt und ausgeführt worden, welche ebenfalls von Stentz in seinem Reisebericht erwähnt, von dem Verfasser aber etwas systematischer bearbeitet wurden.

Ein Artikel, bei dem in erster Linie die angedeuteten Ausführungen vorkamen, waren die von England aus massenhaft exportirten Schienenstühle, von welchen ganz enorme Mengen bei dem Bau der ersten continentalen Eisenbahnen Verwendung gefunden haben.

Wegen der complicirten Form sind allerhand Auswege versucht worden, um mittelst Einlegestücke, Versatztheile etc. das maschinelle Ausziehen des Modells zu ermöglichen. Ransome & May, Brown in Birmingham, Muir in Glasgow, James in Derby erfanden derartige Einrichtungen, welche indess alle von den Jobson'schen Maschinen übertroffen wurden, weil dieselben das Ausheben durchaus mechanisch bewirkten. Das Modell war getheilt, die überhängenden Backentheile des Stuhls durch Charniere mit dem Fuss der Balken verbunden und ausserdem ein Keilstück eingesetzt, nach dessen Entfernen die Backentheile sich zurückschlugen und durch die Hohlräume der Backenfüsse ebenfalls herausgezogen werden konnten.

Zwei Modelle dieser Art standen auf einem oben platten, eisernen Formtisch, unter dem sich zwei Hebelsysteme befanden. War nun der Sand im gewöhnlichen Formkasten eingestampft, so wurden zunächst durch einen Hebel, der mit vier anderen Hebeln in Verbindung stand, die vier keilförmigen ausziehbaren Stücke aus dem Modell entfernt, so dass die beweglichen Backenstücke ihre Lage verändern und dem Ausziehen des Modells kein Hinderniss mehr bereiten. Durch eine zweite mit Excentrics versehene Hebelvorrichtung wird die Platte des Tisches gehoben, während die Modelle in ihrer früheren Lage stehen bleiben, durch die Hebung des Kastens auf dem Tische frei werden und das völlige Wegnehmen des Kastens gestatten.

Diese etwas complicirte Vorrichtung, mit deren Hilfe dennoch ca. 1000 Stück Schienenstühle in einem Tage geformt worden sind, ist später durch denselben Construkteur modificirt worden, indem eine Drehvorrichtung eingeschaltet wurde, die nach erfolgtem Einstampfen des Kastens über dem Modell, das Ganze geschlossen umdrehte und mittelst einer heb- und senkbaren Tischplatte den nunmehr unten befindlichen Kasten auffing und nach Lösung des Schlusses vom Modell lossenkte.

Aehnliche Vorrichtungen existirten noch von den oben genannten anderen Construkteuren und dieses Jobson'sche Princip ist später auch von Stentz, Petzeld und dem Verfasser für das Formen verschiedener Currentwaaren versucht worden, ohne jedoch zu einem durchschlagenden Erfolg geführt zu haben. Die herzustellenden Quanta waren eben zu gering, um die vollste Ausnutzung eines solchen kostspieligen Inventars zu gestatten und auch die Sandqualität war nicht immer der gestellten Aufgabe entsprechend zu haben.

Die grösste Zahl der in neuerer Zeit verbreiteten Formmaschinen folgt aber dem Princip Jobson's und begründet sich wesentlich auf das erleichterte Ausziehen des Modells.

§ 167. Wie schon angedeutet, ist von all den zum Stampfen und Pressen des Sandes gemachten älteren Vorschlägen (cf. Stentz, Reisebericht in der Preussischen Zeitschrift XII, S. 324 und danach bearbeitet in des Verfassers Eisengiessereibetrieb II, S. 471), welche auf die Anwendung spiralförmiger Flügel, d. h. einer Schraubenfläche (Stewart), conischer Walzen, die (so lang als die Sandschicht dick sein sollte) um das Modell rotirten (Sheriff), dann eines ringförmigen, um das Modell auf und nieder sich bewegenden Stampfers (Elder) beruhen, keiner zu allgemeiner Ausführung gelangt. Ob die neuerdings wieder vorgeschlagene Anwendung von Handwalzen zum Füllen flacher Formkasten dauernden Erfolg haben wird, muss abgewartet werden; bei nicht zu dicker Auffüllung des Sandes, also bei nicht zu grosser Höhe der Formkasten, mag der Apparat günstig wirken — bei nur einigermaassen eintretender schlechter Fortpflanzung des Druckes und bei grösserer Dicke, wird man das Formmaterial aussen stark comprimirt haben, während es vielleicht am Modell selber so lose liegt, dass von einem Widerstand gegen das Gusseisen nicht die Rede sein kann und dass das flüssige Metall die Wände der Form leicht auswaschen wird.

Es muss noch hervorgehoben werden, dass nur dann, wenn die Handstampfarbeit von der Maschine genau nachgeahmt wird, von einer ähnlichen Wirkung die Rede sein kann und deshalb mag hier noch angeführt werden, dass einzelne grosse Röhrengiessereien neuerdings sich mit Erfolg einer Formmaschine bedienen, welche mit einer wirklichen Stampfvorrichtung ausgerüstet ist. Diese Maschine geht von einem einfachen Patent aus, welches in England ertheilt worden ist und seitdem zu verschiedenen veränderten Ausführungen Veranlassung gegeben hat.

In Deutschland arbeiten zwei Werke mit einer solchen Maschine, nachdem bereits Marquise in Nordfrankreich und auch die Halbergerhütte bei Saarbrücken mit ähnlichen Vorrichtungen in Betrieb gekommen waren. Das deutsche Werk, welches Erfolg aufzuweisen hat, ist Bayenthal bei Cöln und es sind dort zwei vollständige Einrichtungen erbaut und in Betrieb gebracht worden, die eine ältere, für weite Rohre (über 300 mm Durchm.), die andere neuere, für alle darunterliegenden Dimensionen. Die Maschine arbeitet über verticalen Formkasten mit einem, während des Stampfens selbst langsam aufgezogenen Modellstück und der Stampfer, aus einem um das Modell herumgreifenden Ring, mit unten schrägzugeschärften Flacheisenstäben besetzt, bestehend, wird durch einen Balancier, der in Verbindung mit einer Dampfmaschine oder einer Transmission steht, rasch auf und nieder bewegt. Die Verbindung des Stampfers mit dem Balancier ist keine starre, sondern enthält ein Gelenk mit Seilbefestigung, so dass eigentlich kein starrer Stoss, sondern nur eine zwischen dem Effekt des freien Falls und dem ruhigen Druck des Gewichts von der ganzen Stampfvorrichtung sich bewegende Wirkung auf den Sand geübt wird. Durch verschiedenes Beschweren eines etwas zu leicht construirten Stampfers, sowie durch rascheren oder langsameren Gang kann man der Compressibilität der verschiedenen Sandsorten sich anpassen. Beim Heben dreht sich der Stampfer einmal hin, einmal her, um nicht immer auf dieselbe Stelle zu fallen; der Sand wird durch ein Becherwerk gehoben, aber von Hand eingeschüttet.

§ 168. Ausser den auf dem Princip der Jobson'schen Maschine beruhenden älteren Maschinen mit sicher geführtem Ausziehen des Modells sind noch folgende zum Theil in verbreiteter Anwendung stehende Maschinen zu erwähnen, welche bestimmte Funktionen ausüben, resp. verschiedene derselben combiniren.

Eine Formmaschine, welche E. Schiess-Düsseldorf (Oberbilk) zum Einformen von Schnurrollen und -scheiben erfunden hat (D. R.-P. 6935), bildet eine der einfachsten Formmaschinen-Constructionen überhaupt. Die Schnurrolle kann, wie Fig. 21, S. 19 zeigt, im zweitheiligen Kasten nicht, weder aufrecht, noch flachliegend, ohne Kernstücke geformt werden. Von einem geradlinigen Ausheben des Modells würde auch bei einer Formmaschine keine Rede sein können, wesshalb der Construkteur auf die Idee gekommen ist, da ja doch alle diese Gebilde Rotationskörper sind und nur durch Rotiren des Radialprofils, um die nachherige Axe entstanden gedacht werden können, ein radial getheiltes halbes Modell zu benutzen und dieses Modell herauszudrehen.

Es sind in Folge dessen an einer, in der Formtischebene liegenden Axe drei oder mehr Halbmodelle von Schnurrollen befestigt und werden in einem darüber gestülpten Formkasten von Hand geformt und dann durch Drehen der Axe durch die entsprechenden Ausschnitte der Tischplatte nach unten gedreht, worauf der Kasten abgenommen wird. Die durch Abformen der Axe entstandene Rinne wird gleich als Kernmarke benutzt, um die Höhlungen der Nuthen wiederzugeben.

Die durchbrochene Platte mit den dieselbe passirenden losen Modellstücken, deren Bewegung und Führung, abgesehen von der schwierigen und kostspieligen Herstellung der Platten selber, eine sehr empfindliche war und durch die Stampfoperation stark litten — hat allgemein der Modellplatte Platz gemacht, welche von Amerika her importirt (Smith & Chamberlain'sche Formmaschine 1874), zuerst durch Georg Woolnough & F. Dehne-Halberstadt einer sehr bequem arbeitenden Formmaschine incorporirt wurde und seitdem alle durchbrochenen Modellplatten verdrängt hat. (D. R.-P. 1391.)

Diese Modellplatten werden in sehr einfacher Weise gemacht, indem man das oder die zu benutzenden Modelle, wie gewöhnlich im zweitheiligen Kasten einformt, wobei die Trennungsebene eine ganz beliebige sein kann, wenn nur ringsherum noch hinlänglich Raum bleibt um das Modell des Plattenrahmens auflegen zu können.

Hat man die Form soweit fertig gemacht, dass sie zum Guss bereit ist, so bildet man durch Auflegen eines Modellrahmens und Umstampfen desselben mit Sand eine Sandumwallung, welche, wenn nun die Form zusammengesetzt wird, anstatt der blossen Theilfläche, eine plattenförmige Höhlung bildet, an die sich jederseits die Hohlräume der Form anschliessen.

Giesst man nunmehr (gewöhnlich nach Trocknen der Formen) die Form mit Eisen aus, so erhält man eine Platte, welche auf jeder Seite einen Theil des Modells und genau nach der für dessen Gestaltung maassgebenden Theilungsebene getheilt trägt. Man kann, benutzt man diese Modellplatte als Unterlage des Formkastens, darauf einerseits den Oberkasten, andrerseits den Unterkasten einformen und wird eine einfache und rasche Abformung erzielen, da auch Einguss etc. gleich auf der Platte mit vorgesehen werden und es nur darauf ankommt, dass beide Seiten der Modellplatten ganz genau mit den Form-

kastenstiften etc. stimmen, damit beim Zusammenstellen der Formkasten die beiden Formhälften auch wirklich in der Theilungsebene congruiren.

§ 169. Den Hauptvortheil gewähren indessen diese Formplatten durch Einfügen in die Formmaschinen, welches zunächst in gelungener Weise durch die genannten Ingenieure Woolnough & Dehne geschehen ist, deren Formmaschine in vieler Hinsicht den Typus der modernen Modellaushebemaschine ohne Stampf- oder Pressvorrichtung bildet. Dieselbe besteht wesentlich aus der drehbaren und vertical beweglich gelagerten Modellplatte und einem verstellbaren aber sonst festbleibenden Tisch zum Auffangen des Formkastens. Die Modellplatte, in einem festen gusseisernen Rahmen mit Drehzapfen eingespannt und verschraubt, liegt genau horizontal in zwei Lagern, welche auf den Köpfen zweier durch Getriebeeingriff gleichzeitig zu hebenden und zu senkenden Spindeln oder Stangen befestigt sind.

Um die Folgen der Abnutzung dieses Getriebeeingriffes möglichst zu umgehen, ist das untere Stück der Spindeln oder der Stangen nicht als einfache Zahnstange, sondern als vollkommene Schraube construirt, auf welche ein Getriebe mit entsprechend gestalteten Zähnen eingreift. Durch Drehen der Schraube, nachdem an einer Stelle etwa Abnutzung sich zeigt, wird gewissermaassen eine neue Zahnstange hergestellt.

Die Getriebe, welche auf die beiden Spindeln einwirken, sind durch eine gemeinschaftliche Welle verbunden und trägt dieselbe an der einen Seite einen Hebel, durch dessen Heben bezw. Senken die Senkung bezw. Hebung der Modellplatte vermittelt wird.

An beiden Säulen, in denen von Sand geschützt, die Spindeln sich auf- und niederbewegen, sind noch zwei Träger in Form von Doppelconsolen von dünnem Eisen angeschraubt, auf welchen ein kleiner Tisch mit Rädern hin- und herläuft, der zum Aufsetzen und Niederlassen der Formkasten dient. Er verschiebt sich nur so weit nach beiden Seiten, dass man die Kasten abheben kann ohne an die Formplatte zu stossen.

Die Formplatte, welche drehbar in den Köpfen der Hebungsspindeln liegt, wird, nachdem sie eingelegt ist, durch die hierzu vorgesehenen Klemmschrauben in horizontalebener Lage (die Axe liegt ja immer horizontal) festgehalten, mit dem Formkasten, der mittelst Bolzen in dazu bestimmte Löcher der Formplatte einfällt, bedeckt und derselbe durch Keile oder Schrauben befestigt.

Nun wird von Hand eingeformt, abgestrichen und durch Heben der Spindeln, die bei der Förmereiarbeit ihren tiefsten Stand hatten, die Platte nebst Kasten hochgenug gehoben, um nach Lösung der die Axen der Platte festhaltenden Klemmschrauben, Axe und Kasten umdrehen zu können ohne an den fahrbaren Tisch zu stossen. Wenn dies geschehen, senkt man die Spindeln wieder soweit, dass der Kasten mit der Rückseite auf dem Tisch zu ruhen kommt. Löst man nun die Verbindung des Kastens mit der Modellplatte und hebt die Spindeln wieder, so hebt man gleichzeitig die Modellplatte aus der hergestellten Form, kann den Kasten bei Seite ziehen und auf der unterdess wieder fixirten Modellplatte das Abformen der anderen Seite derselben beginnen, welches absolut gleich verläuft.

Mit dieser Aushebemaschine haben Woolnough & Dehne sehr complicirte Stücke reproducirt und vermag jeder einigermaassen anstellige Arbeitsmann, ohne dass er Förmerei lang und breit gelernt, die Arbeit auszuführen, wenn ihm die Sandconsistenz bei dem Stampfen nur ein wenig bekannt geworden ist.

Für hohe und steile Körper eignet sich die Maschine wie jede andere mit Formplatte arbeitende Maschine weniger, als solche, welche dem Jobson'schen Princip nachgebildet sind.

§ 170. G. Woolnough & Fr. Dehne haben die vorher besprochenen Modellplatten neuerdings nicht mehr aus Eisen, sondern aus Gyps, Cement, Blei, leichtflüssigen Metalllegirungen, Hartgummi und anderen Surrogaten hergestellt (D. R.-P. 8669, 1. Februar 1879) und umgeben sie, um sie handhaben zu können und gleichzeitig haltbarer zu machen, mit einem eisernen Rahmen, der behufs Einlegung in die Formmaschine mit seitlichen Zapfen versehen sein muss.

Die Herstellung ist eine einfache, man formt das Modell selber, wie gewöhnlich in den zweitheiligen Kasten ein, hebt die Hälften von einander ab und nimmt das Modell heraus. Nunmehr bringt man zwischen die beiden Formkasten den mit Zapfen versehenen Modellplattenrahmen von Eisen, dessen Innenwände nicht eben, sondern gebrochen sind und nach oben sowie nach unten convergiren. Nun wird die so entstandene Form der Modellplatte mit der betreffenden Substanz ausgegossen. Man kann auch die Modelle selbst zum Formen mit verwenden und an die Modellplatte angiessen, vorausgesetzt, dass ihre Gestalt es zugibt; sie müssen dann mit Schrauben versehen werden, welche man mit der Plattensubstanz umgiesst.

Wegen der in der Zahl der Modellplatten begründeten, nicht unerheblichen Kosten für das Abdrehen der Zapfen haben Woolnough & Dehne später (Zusatzpatent 15271, 8. April 1881) die Rahmen ohne Zapfen hergestellt und setzen sie nachher erforderlichenfalls in einen für alle Modellplattenrahmen passenden grösseren Rahmen, welcher Zapfen erhalten hat.

§ 171. Das Formverfahren mittelst Modellplatten hat auch noch dazu geführt, dass man bei Herstellung flacher Gegenstände eine ganze Reihe von Formen aufeinander stapelt und aus einem Einguss vollgiesst.

J. Demogeot-Boussu bei Mons (D. R.-P. 16637, 14. April 1881) legt auf den festen Tisch einer Schraubenpresse die Modellplatte, welche die obere Formhälfte des Gegenstandes darstellt, setzt den Formkasten darauf und presst mit der anderen, die untere Hälfte des Gegenstandes wiedergebenden Modellplatte, welche am Presskolben befestigt ist, den in den Formkasten geschütteten Sand zusammen. Luftlöcher und Eingussmodelle sind an den Modellplatten gleich mit angegossen, so dass besondere Manipulationen dieserhalb unnöthig werden. Die so nacheinander hergestellten Sandkerne, werden mit den Kasten genau aufeinander gesetzt, wobei man durch die Bolzen und Bolzenlöcher controlirt wird. Man nimmt dann die Formkasten, die diagonal zweitheilig gebaut sind und an einer Ecke Charniere, an der gegenüberliegenden dagegen einen Schraubenverschluss, haben ab und giesst alle Formen durch einen Einguss voll.

Die Zahl der aufeinander zu stülpenden Sandkerne ist nicht angegeben und auch nicht, ob sich gewöhnlicher oder nur fetter Sand dazu eignet. Nach früheren Erfahrungen mit dem Guss mehrerer Rohre in einem Formkasten, wo die Gase des einen Gusses in die Nachbarform schlugen, wenn nicht absolut gleiche Füllung gelang, möchte man die Ausführbarkeit des Verfahrens für grünen Guss anzweifeln.

§ 172. Ebenfalls mit Formplatte arbeitet die Maschine von Ludwig & Eduard Reuling, Darmstadt (D. R.-P. 9521). Ein hölzernes Gerüst trägt unten und oben eiserne Kreuzvorrichtungen, in deren Mitte eine hohle, plattgedrehte Spindel befestigt ist. Um dieselbe gleitet eine sie umschliessende verschiebbare Hülse, von der eine Platte getragen wird, welche durch versetzbare Bolzen, die durch die obenaufliegende feste Formplatte durchgehen, die Hebung des Formkastens bewirken. Diese Hebeplatte wird durch vier besondere kürzere Bolzen in dem obersten Kreuze geführt, obwohl auch die längeren an den Kreuzarmen vorbeigehenden Hebebolzen für den Formkasten eine gewisse Führung bilden. Diese Hebebolzen müssen verstellbar sein, wesshalb die Hebeplatte in ihren vier Feldern mit je sechs den Diagonalen parallel laufenden Schlitzen versehen ist, in denen die Bolzen in ganz beliebiger Gegeneinanderstellung befestigt werden können. Bei jeder Modellplatte sind die Durchbohrungen für die Hebebolzen so vorgesehen, dass deren obere Fläche direkt unter die Räder der Formkasten tritt; dadurch wird die Bolzenversetzung eine rasche und bequeme.

Die Hebung der Hülse und der Platte erfolgt bei leichten Formkasten durch einen einfachen Tritthebel — bei schweren Kasten durch ein Stellrad mit Schraubenbewegung.

Die Auflagerung der Modellplatte geschieht auf zwei Gusseisenbalken oder Schienen, welche mit ihren Enden auf dem Rande eines Rahmens von winkelförmigem Querschnitt aufliegen; dadurch kann man sie zur Aufnahme von Modellplatten verschiedener Grösse in den passendsten Abstand von einander anordnen. Die Förmerei selbst, d. h. das Ausstampfen geschieht von Hand.

Modificationen im Formplattenverfahren hat sich H. Jung-Amalienhütte bei Laasphe (D. R.-P. 22411 vom 4. Februar 1882) patentiren lassen, die einen erheblichen Vortheil nicht bieten. Auch das Verfahren von J. Brandt (D. R.-P. 17925, 23. Juni 1881 und D. R.-P. 20184, 11. November 1881), die Modellplatten aus Spencemetall zu giessen und dadurch gleichzeitig Druck- und Formplatten zu vereinen, ist wohl nur mit Einschränkung zu verwerthen.

§ 173. Unter den Anwendungen der Formplattenmaschinen ragt die Clarenbach'sche Formmaschine zur Herstellung von gusseisernen Tubbings in Segmenten von beliebiger Grösse — hervor (D. R.-P. 13670, 27. October 1880). Sie vermeidet den Uebelstand, den die Holzmodelle im Gefolge haben und welcher darin besteht, dass durch Verziehen derselben ein Zusammenschluss der Seitenstösse der Segmente beim Schachtausbau fast unmöglich wird, was des durch solche Einbauten zu überwindenden hohen Wasserdrucks halber zu bedenklichen Verhältnissen führt.

Zur Herstellung von Oberkasten und von Unterkasten ist je eine Maschine nothwendig, welche beide ziemlich umständlich construirt sind und jedenfalls nur bei bedeutenden Aufträgen nach einem Modell sich rentiren dürften. Das Modell besteht aus Holztheilen, welche mit Blech armirt und zum Theil fest, zum Theil beweglich sind. Die festen Theile stellen die Flächen zwischen den Rippen der Tubbingsegmente dar, während die beweglichen Theile diese Rippen selbst bilden, die das Segment auf der Aussenseite verstärken.

Zur Auflage des Formkastens, welcher der Krümmung entsprechend getheilt ist, wird auf dem festen Rahmen der Maschine langseits von dem Modell ein Aufstampfboden durch zwei Blechplatten gebildet, die durch Zugschrauben, Unterlegklötze und eine breitere Mittelstütze in jede beliebige Krümmung gebracht werden können, so dass sie sich dem äusseren Umriss des Segments genau anschliessen lassen. Zwei gusseiserne Schlitten kurzerseits des Modells tragen die Charniere der Blechplatten, verschieben sich horizontal je nach der Einstellung dieser Bleche und vervollständigen den Aufstampfboden des Oberkastens.

Nachdem die Krümmung des Modellumrisses durch Einstellung der Bleche erreicht und auf solche Weise der Einstampfboden vollendet worden ist, werden die Rippenmodelle durch die an dem tragenden Rahmen befestigte Hebevorrichtung (Doppelzahnstange, ausserdem noch prismatische und Rollenführung) gehoben, bis sie sich an die sechs Felderflächenmodelle genau anschliessen, der Formkasten aufgesetzt, von Hand vollgestampft und nach Zurückziehen der Rippenmodelle abgehoben und bei Seite gestellt, um einem neuen Formkasten Platz zu machen.

Die Formmaschine für den Unterkasten besitzt ebenfalls einen aus zwei längsseitigen Blechen und zwei Schlitten mit Charnieren bestehenden Aufstampfboden. Das Modell in diesem Kasten trägt die Innenfläche des Segments und die Aussenflächen der begrenzenden Rippen. Es besteht aus einem concav eingestellten Blech, welches an zwei radial dazu gestellten Gusseisenplatten befestigt ist, welche ihrerseits wieder durch Charniere mit den beiden Schlitten verbunden sind, die die Schmalseiten des Aufstampfbodens bilden. Die beim Aufbau des Schachtes horizontal liegenden Begrenzungsflächen des Segmentes werden durch schablonenartig ausgeschnittene Gusseisenplatten gebildet. Dieses ganze Modell steht auf dem beweglichen Rahmen der Formmaschine und wird in seiner höchsten Stellung abgeformt, dann gesenkt, um den Formkasten bequem abheben zu können.

§ 174. Für kleinere Verhältnisse kann in beiden Maschinen das Räderwerk der Hebevorrichtung durch eine Hebelanordnung ersetzt werden.

An dieser Formmaschine sind veränderlich einstellbar:

1. der Krümmungsradius ϱ durch Verstellbarkeit der Bogenbleche;
2. die Sehnenlänge v durch Verschiebung der Schlitten;
3. die Wandstärke durch Erhöhen der Flächenmodelle;
4. die Flanschenhöhe durch grösseres, bezw. geringeres Hervortretenlassen der Rippenmodelle.

Als Patentanspruch specificirt der Erfinder:

1. die verschiebbaren Schlitten, combinirt mit den Blechbögen zur Bildung eines Aufstampfbodens für Tubbings verschiedener Grösse;
2. die durch Charniere mit den Schlitten verbundenen Blechbögen, combinirt mit einem Mittelfuss, den Zugschrauben und Klötzen zum Einstellen;
3. die die Formkastenführung enthaltenden Gleitstücke, welche sich in Nuthen der verschiebbaren Schlitten bewegen und durch Klemmschrauben festgestellt werden können;
4. das auf dem beweglichen Rahmen befindliche auswechselbare Modell für Rippen.

Zur Illustrirung der Bedeutung einer solchen Maschine mag angeführt werden, dass 1 m Schachtausbau bei mässigem Durchmesser 25—40 derartige Segmente enthalten kann, dass also die westfälischen Schächte von pptr. 80 m Mergeltiefe bis 3200 gleiche Stücke erfordern können.

Um inwendig Rippen an die Tubbings zu giessen oder andere Ansätze zum Einbau der Sätze etc., braucht man bloss die Unterkastenmaschine mit dem Rippenmodell, die Oberkastenmaschine mit dem glatten Modell zu versehen, bezw. die Convexität der Modelle in beiden Maschinen, wie sie hier beschrieben wurden, umzukehren.

§ 175. Sehr vortheilhaft mussten sich die Formmaschinen bei einem Zweig der Eisengiesserei bewähren, der wie die Topfförmerei den Arbeiter so wie so zur Maschine zu machen strebt, um genaue Reproduktionen zu ermöglichen.

Das Eisenhüttenwerk Marienhütte bei Kotzenau, vormals Schlittgen & Hase hat sich einen „Formtisch“ für Geschirrguss (keine eigentliche Formmaschine, sagt der Ref. St. in Dingler's Journal 243, S. 263) patentiren lassen, der ein ruhiges und sicheres Abheben der von Hand vollgestampften Formkasten von der Modellplatte bezweckt. (D. R.-P. 15489, 5. December 1880.) Wie immer, ist für Ober- und für Unterkasten je ein Tisch nothwendig, auf deren einem die Modellplatte mit den der Geschirraussenfläche entsprechenden Modellen liegt, während der andere eine feste Modellplatte mit den Kernformen besitzt. Der Formkasten wird in beiden Fällen auf einen mit der Modellplatte in einer Ebene liegenden und letztere umgebenden Rahmen gestellt, der durch eine im Tischinnern verborgene Zahnrad- und Schraubencombination gehoben und gesenkt werden kann. Nach Vollstampfen des Kastens und Abstreichen wird er durch Drehen der Schraubenspindel gehoben und dadurch von der feststehenden Modellplatte gelöst.

Bei dem Formen der Kerne hängen die Sandmassen derselben herunter und können leicht abreissen oder auch bei zu festem Stampfen in der Modellplatte stecken bleiben. Deshalb sind bei dem Formtisch dieser Kastenhälfte lose eingesetzte Böden vorhanden, welche mit dem den Formkasten tragenden und denselben hebenden Rahmen so verbunden sind, dass sie mit in die Höhe steigen, sobald der Rahmen gehoben wird.

Es versteht sich von selbst, dass nur Poterie, die in zwei- oder höchstens dreitheiligen Kasten ganz von Hand geformt werden kann, die Anwendung solcher „Maschinen“ oder Formtische gestattet und dass ein enormes Inventar an Tischen nöthig ist, um eine grössere Topfhütte auszustatten.

Um Bauchtöpfe, welche den viertheiligen Kasten brauchen, auch maschinell zu formen, hat dieselbe Hütte zwei andere Vorrichtungen construirt (D. R.-P. 11487), von welchen die eine für den Mantel, die andere für den Kern bestimmt ist. Das der Länge nach zerschnittene Modell ist in beiden Maschinen auf einer getheilten Formplatte so befestigt, dass deren Theilungsebene mit der Theilungsebene des Modells zusammenfällt. Bei der Formmaschine für den Mantel steht das Modell, den Boden nach oben gewendet auf der Platte, bei der Formmaschine für den Kern hängt es durch die Formplatte durch. In beiden Fällen wird die zweitheilige Formplatte durch eine Spindel mit zweierlei Gewinden, einem rechts- und einem linksgewundenen, bewegt. Bei der Mantelformmaschine bleibt das Modell aber auf einem festen Theil der Formplatte stehen und nur der mittelst eines dünnen, zwischen die Modellhälften geklemmten Bleches, auch im Sand getheilte Formkasten wird rechts und links abgezogen. Bei der Kernformmaschine ist der Kasten ganz und die Modellhälften werden unter dem Formkasten nach rechts und links entfernt, um den Kasten wegheben zu können. Auch hier ist das Anlagecapital ein beträchtliches bei der grossen Anzahl gleichzeitig herzustellender Topfsorten etc.

J. V. Hope-Wednesbury (D. R.-P. 22772, 19. October 1882) hat eine Topfformmaschine für die Herstellung von Hohlgefässen mit absolut gleichstarken Wandungen construirt, welche mit metallenen Mantelformen und einem Sandkern arbeitet. Aehnlich wie bei der Marienhütter Bauchtopfmaschine, schieben sich in der Formtischebene Schlitten mit der Kernform zusammen; vertical dazu sind aber zwei andere Schlitten mit den Hälften der metallenen Mantelform angeordnet. Ob der Guss dünnwandiger Gefässe in diesen permanenten Formen Vortheil bringt, ist nicht gesagt.

§ 176. Eine Formmaschine von grosser Bedeutsamkeit ist die Zahnradformmaschine von G. L. Scott, welche bereits 1865 patentirt wurde und eine der ersten allgemein eingeführten Formmaschinen war. (Specification No. 2751 vom 25. October 1865.) Felbinger hat in der Zeitschrift des Oesterr. Architekten- und Ingenieurvereins 1869, S. 93 (danach u. A. der Verfasser in seiner Eisengiesserei II, S. 532) eine sehr gute Darstellung derselben gegeben, welcher das folgende entnommen ist unter gleichzeitiger Berücksichtigung neuerer Erfahrungen.

Der Apparat arbeitet mit einem Theilstück des Zahnkranzmodelles, welches Theilstück in verticalen Führungen leicht beweglich, auf den gehörigen Halbmesser eingestellt, auch im Kreise herumbewegt werden kann, mit der Maassgabe, dass es immer nur um eine bestimmte Zahn- oder Intervallbreite, bezw. Zahl vorrückt. Die Förmerei geschieht ganz von Hand und es wird an den Löhnen schon um desswillen nichts gespart, weil ein vorsichtiger Arbeiter dazu gehört, um die Arbeit gut und besonnen durchzuführen. Trotzdem ist das Verfahren sehr vortheilhaft, weil es die bei Zahnrädern so bedeutenden Modellkosten fast gänzlich erspart und weil es sehr genaue Güsse liefert, welche an Nacharbeit keinerlei erhebliche Kosten verursachen.

§ 177. Den Bau der Maschine selbst anbetreffend, ist das Hauptstück der ganzen Vorrichtung ein horizontal verschiebbarer Rahmen, welcher einerseits um eine verticale Spindel sich dreht, andrerseits das Zahnmodell trägt, das heraufgezogen und herabgelassen werden kann.

Der Rahmen, von den Ingenieuren oft mit dem englischen Ausdruck frame bezeichnet, besteht aus zwei an den Enden mit einander verbundenen Balken; er kann durch eine lange Schraubenspindel horizontal verschoben werden, wodurch das am ausladenden Ende angebrachte Querhaupt in beliebige Entfernung vom Spindelmittel gebracht und durch zwei in Schlitzen der Balken angebrachte Kopfschrauben an die Backen der gleich zu erwähnenden Schneckenradhülsen festgeschraubt und fixirt werden kann.

Am Querhaupt ist die Prismaführung für das Modellstück angebracht, so dass die Schraubenspindel des Rahmens dazu dient, den Radhalbmesser festzustellen. Das Zahnmodell ist mit Holzschrauben an die untere Querplatte des Prismas angeschraubt und das Prisma selbst wird durch ein Kettengetriebe und eine Schnecke auf- und abbewegt. Um die Lage des Modells während des Umstampfens zu sichern und namentlich ein Heben zu verhindern, ist auf der Vorderseite der Prismenhöhe eine, mit einem Griff versehene Druckschraube vorhanden, die es gestattet, das Prisma in seiner Bewegung plötzlich zu arretiren.

Der ganze Rahmen ist horizontal an einer Hülse beweglich angebracht, welche sich um die Spindel des ganzen Apparates drehen lässt; diese Drehung wird durch ein auf dem Spindelkopf befestigtes Schneckenrad bewirkt, während die Schnecke selbst auf der Hülse festgelagert ist*).

Die Spindel besteht aus zwei Theilen: einem Unterstück, welches in einem gusseisernen, mit Fundamentplatte verschraubten vollständig unter der Hüttensohle liegenden Ständer angebracht ist und einem hohlen Oberstück, welches das Schneckenrad des Theilapparates am Oberende aufgekeilt trägt, und um dessen obere, etwas dünnere Hälfte sich die Hülse des Rahmens bewegt, während das Spindelstück selber zwar lose aber durch Reibung unbeweglich und fest steht.

*) Diese Uebertragung ist gleichzeitig Theilapparat, wie noch näher gezeigt werden wird.

Alle diese Theile sind leicht auseinander zu nehmen und der Fundamentständer, der gewöhnlich bis zum Oberende des auf der Unterspindel befindlichen Auflagerwulstes in der Erde vergraben steht, bleibt nach gethaner Arbeit stehen; alles übrige kann bei Seite gelegt werden. Der Ständer wird, ehe er eingeschüttet wird, auf einem Steinwürfel oder einer Cementunterlage befestigt, um recht sicher zu stehen. Bei starker Ausdehnung des Getriebegusses kann man zwei oder noch mehr ganz gleiche Fundamentständer in verschiedenen Theilen der Hütte anbringen und wandert unmittelbar nach dem Formen der Zähne mit dem ganzen Apparat nach einer anderen Stelle, um gleich einen neuen Formprocess zu beginnen, ohne das Ausputzen, Trocknen, Schliessen der Form sowie Abguss und Abkühlung abwarten zu müssen.

§ 178. Um nun die richtige Theilung hervorzubringen, greift in das feste Schneckenrad der Axe die erwähnte Schnecke, welche im Oberende eines von der beweglichen, den Rahmen tragenden Hülse ausgehenden Armes gelagert ist und ihrerseits wieder von einer am Rahmen angebrachten Welle aus mittelst Stellrades bewegt wird. Dieses Stellrad ist so eingerichtet, dass es nur immer um ein bestimmtes Intervall vorwärts bewegt werden kann, damit der Arbeiter nicht nöthig hat, das Vorrücken des Modellstückes durch Messung zu controliren. Die Handkurbel der bewegenden Welle läuft zu diesem Behuf über eine auswechselbare feste Scheibe mit vorstehendem Rande hin, in welchem sich Einschnitte zum Feststellen der Kurbel in bestimmten Stellungen vorfinden.

Die Vermittlung dieser von Hand gedrehten bewegenden Welle mit der Schnecke geschieht durch eine Reihe von Getrieben, welche in einem abnehmbaren Bügel eingelagert sind und beliebig (gewöhnlich nach einer der Maschine beigegebenen gedruckten Anweisung) ausgewechselt und durch andere Getriebe ersetzt werden können.

Hat z. B. das Rad auf der Handspindel n Zähne, das Rad auf der Schneckenspindel n_1 Zähne und ist die Tourenzahl der Handspindel X, so wird, wenn das grosse Schneckenrad 180 Zähne und das darzustellende Rad N Zähne haben, die Relation

$$X \frac{n}{n_1} = \frac{180}{N}$$

entstehen und bei X Umdrehungen der Handspindel werden die Balken des Rahmens mit dem Zahnmodell um einen Winkel verdreht, der einer Anzahl $\frac{180}{X}$ der durch die Schnecke voranbewegten Zähne des grossen Schneckenrades entspricht.

Durch Aenderung von n, n_1 und von X kann man jedes beliebige N erhalten, wesshalb der Maschine eine Reihe von Getrieben mit gleicher Theilung und Bohrung beigegeben werden, aber mit verschiedenen Zahnzahlen. Auch andere Theile kann man in die Maschine einschalten und sie in eine sehr vielseitig brauchbare Verrichtung dadurch verwandeln. Durch Verbindung der die Horizontalverschiebung des Rahmens bewirkenden Schraubenspindel mit der Handspindel des drehenden Mechanismus kann man den Gang des Modells in einen nicht kreisförmigen verwandeln. Es können dann Ellipsen, Spiralen und andere Kurven erzeugt werden, jenachdem man das Verhältniss des horizontalen Weges zum peripherischen des Modells variirt.

§ 179. Die Förmereiarbeit mit der Scott'schen Maschine zerfällt in die Herstellung des Kranzes und in die der übrigen Form, von welcher die eine Hälfte in der Sohle des Arbeitsraumes, die andere in einem Kasten dargestellt wird. Die Kerne können mit Hilfe eines Armmodells, durch die Maschine selbst und auf Sandunterlagen angefertigt werden; später sind sie genau abzurichten und zu verputzen. Auch ein Lehmmodell lässt sich zur Formung der Arme benutzen.

Das Formen des Oberkastens wie des Unterkastens geschieht durch Schablonen, welche mittelst eines auf der massiven Unterspindel gesetzten, mit einer Schraube angedrückten Spannringes und eines darauf gleitenden Schablonenringes mit dem Schablonenhalter selbst gehandhabt werden, nachdem die Formmaschine von der Unterspindel abgehoben ist.

Es wird nun auf der Hüttensohlenfläche die Oberseite des Radprofils im Sande abgedreht, also den oberen Flächen der Nabe, der Radarme und des Kranzes entsprechend, dann die ganze Axe nebst Schablone weggenommen und der nachherige Oberkasten der Form aufgesetzt, nachdem auch die Fläche überstäubt worden war. Um die Spindel legt man eine mit den Formkasten abgespreizte eiserne Hülse und stampft dann voll, unter Berücksichtigung der Eingussanlage. Ehe man den Kasten abhebt, fixirt man ihn auf der Hüttensohle durch Winkel und Streben; nachher legt man ihn um, steckt in die miteingestampfte Hülse eine kleine Kreuzbüchse und putzt mit kleiner Schablone die Fläche nochmals ab.

In die Hüttensohle, die wieder aufgestochen und gelockert ist, dreht man die Radunterfläche so ein, dass die ganze Zahnhöhe in die Masse kommt und dass mit dem Oberrand der Zähne die Kastentrennungsfläche zusammenfällt. Erst dann setzt man die Oberspindel und den Rahmen, also die Formmaschine auf, stellt das Zahnmodell ein, lässt es bis auf den Boden der eingedrehten Form herunter,

arretirt, stampft, hebt, rückt weiter, senkt, arretirt und stampft wieder etc. Meistens wird ein Zahnintervall geformt, also zwei einander gegenüberliegende Zahnflächen und die Innenfläche des Intervalls. Man schliesst dadurch am besten die Arbeit vom bereits vollendeten Theil der Form ab und verhütet das Eindrücken; man arbeitet aber auch oftmals mit zwei Zähnen und ein Intervall, und es ist ohne praktischen Werth, auf der einen oder der anderen Einrichtung zu bestehen, da Beide Berechtigung haben.

Ist der Umkreis vollendet, hebt man die Maschine wieder von der Spindel ab, zieht diese aus dem gusseisernen Ständer und füllt das Loch wieder mit Sand aus, nachdem der Fundamentständer mit der Abschlusskappe bedeckt worden ist. Die Kerne sind unterdessen fertig geworden (cf. Fig. 15, S. 16) und werden nunmehr eingepasst, nachgebessert, eingesetzt; auch der Oberkasten kann aufgesetzt und die Form giessbereit gemacht werden.

Ein Mann formt in zwei Tagen ein Rad von 30—60 Zähnen, wie sie die Tauereischiffe und auch die Walzwerke sie gebrauchen.

Für kleinere Durchmesser hat man eine ältere Idee benutzt (Jackson) und dreht den Kasten auf einem Tisch, unter dem nur nach einer Richtung horizontal verschiebbaren Rahmen. Es sind dann zwei Gruppen von Bewegungsmechanismen vorhanden: der Tisch mit Schnecke und der hin- und hergehende Rahmen.

Aehnlich wie die Scott'sche Formmaschine zum Schabloniren benutzt werden kann, arbeitet eine von H. Zinz-Duisburg-Hochfeld angegebene Maschine zum Formen von Propellerschrauben (D. R.-P. 19643, 11. Februar 1882), die zugleich mit einer Drehung um eine senkrechte Axe, eine Verschiebung parallel zu derselben erhält, um die den Propellerflügeln entsprechende Schraubenfläche zu beschreiben. Die Schablone ist durch einen Arm festgehalten, der sich um eine verticale Axe bewegt, welche hohl ist und im Innern eine von oben nach unten durchgehende Schraubenspindel nebst einer darauf sich bewegenden Mutter enthält. Diese Schraubenspindel wird durch eine am Kopfende des ganzen Apparates befindliche Räderübertragung in Bewegung gesetzt und vermittelt während der Drehung der Chablone, eine Verticalbewegung der betreffenden Schraubenmutter. Durch zwei Längsschlitze in der hohlen Schablonenspindel greift diese Mutter mittelst zweier Vorsprünge in eine Ausdehnung des Ringes des Schablonenarmes ein und zwingt denselben, also auch die Schablone, die Auf- und Abwärtsbewegung der Mutter nach maasgebender Drehung mitzumachen.

Guhrauer gibt (Dingler's Journal 249, S. 244) eine auf gleichen Principien beruhende Formmaschine für Riffelwalzen oder geriffelte Speisewalzen für Malzstühle an, die sehr sinnreich ist.

Ein glattes cylindrisches nur am oberen Ende mit einem geriffelten Ansatz versehenes Modell wird in einem stehenden Formkasten eingeformt und dann durch Drehung einer Mutter, welche das mit Schraubengewinde versehene Ende des Modells umfasst, das Modell nach unten herausgezogen. Am Unterende des cylindrischen Theils von demselben ist eine Hülse aufgesteckt und befestigt, welche mit einem Zapfen seitlich in einem kreuzkopfartigen Stück gleiten kann. Das letztere umschliesst eine cylindrische Führungsstange, die oben in einem Charnier aufgehängt, unten in einem verschiebbaren Gleitstück steckt und so in ihrer Lage verstellbar ist.

Steht die Stange vertical, so wird die Hülse auf dem Modell und das Modell selber ebenfalls vertical geführt; stellt man die Stange schräg, so muss sich beim Herabgehen des Ganzen die Hülse drehen, da ihr Zapfen in dem schräg vorbeigleitenden Kreuzkopfstück steckt. Dadurch wird die Hülse schraubenförmig gedreht, mit ihr das Modell, und der geriffelte Ansatz am Oberende desselben wird in die glatte cylindrische Form die Riffeln eindrücken, wie bei dem Einbohren der Züge in die Feuerwaffen geschieht. Ist das Modell bis in den dazu vorgerichteten Untersatz für den Formkasten durchgezogen, so hält man an und kann den Kasten abheben.

Eine Maschine, welche ebenfalls wie die vorgenannten einen Theil der Modellirung übernimmt, ist der Hertzog'sche Formtisch (D. R.-P. 25250, 23. Januar 1883) für Riemscheiben, von gleichem Durchmesser, aber verschiedener Kreuzbreite, dessen Einrichtung indessen keine erhebliche Erleichterung bietet, da ein Kranz- sowie ein Armmodell gegeneinander verstellbar angeordnet werden müssen.

§ 180. Alle die seither beschriebenen Maschinen haben keinerlei Stampfeinrichtungen, sondern sind Modellaushebemaschinen oder vielmehr mechanisch ausgestattete Formtische.

Man hat nun in der Neuzeit den Versuch gemacht, auch das Pressen maschinell zu organisiren und ist zu günstigen Resultaten gekommen, sobald die zu comprimirenden Sandmassen nicht zu dick sein mussten und die Gegenstände eine einfachere Form hatten. Man erfand ausser den eigentlichen Stampfern auch noch die einlegbaren hölzernen Pressplatten und erreichte hiermit die wünschenswerthe Elasticität des Betriebes, da die Stärke der Compression sich mit der Dicke dieser Pressplatten veränderte, man also den Grad der Compression gewissermaassen in der Hand hat.

Besondere Stampfmaschinen haben E. de Limon-Düsseldorf (D. R.-P. 10185), R. Döhn-Siegburg (D. R.-P. 9724 und 12162), J. D. Delille (D. R.-P. 12450) u. A. erfunden und mit mehr

oder weniger Erfolg in Betrieb gebracht. E. de Limon benutzt zum Stampfen einen siebartig durchlöcherten Kolben mit einem nach oben aufstehenden Blechrande, welcher eigentlich nichts weiter als die Wand eines Siebes ist, dessen Boden von der Kolbenscheibe gebildet wird. An der unteren Seite des Kolbens befestigt man eine Anzahl stiftartiger Ansätze, deren Länge dem Modellprofile folgt und die als Vertheiler des Sandes und als Stampfkeiler gleichzeitig dienen. Der Kolben wird wie bei einem Friktionshammer gehoben, indem die Kolbenstange zwischen zwei Rollen hindurchgeht, die sich in entgegengesetzter Richtung drehen und welche mit ihren Lagern um ein gewisses Maass horizontal verschiebbar sind. Dadurch, dass man die Rollen einander nähert, bringt man den Angriff auf die Kolbenstange hervor, während die gegenseitige Entfernung die Kolbenstange herabfallen lässt. Durch Einstellen eines mehr oder minder grossen Hubes wird eine mehr oder minder grosse Schlagwirkung erzielt und ist man auf die Weise im Stande fest oder weniger zu stampfen.

R. Döhn-Siegburg hat zwei Stampfmaschinen — für Hand- und für Transmissionsbetrieb erfunden, welche sehr verschiedenen Werth haben.

Die Handstampfmaschine (Patentschrift 12162) drückt mit zwei langen Handhebeln einen mit Holz belegten Stempel vertical herab, welcher auf einen ringförmigen Pressklotz zunächst einwirkt, der den Sand zunächst um das Modell herum zusammenpresst. Der Sand wird in verschiedenen Portionen eingeschüttet, der Pressring dabei immer wieder entfernt und von neuem aufgepresst, sodass die Arbeit ziemlich zeitraubend werden kann, wenn nicht grosse Uebung vorhanden ist.

Das Auffüllen des Sandes geschieht, wie auch bei der Transmissionsmaschine durch einen auf den Formkasten passenden Fülltrichter nebst Füllring. Für die verschiedenen Füllungsgrade werden unter Umständen zweierlei, auch dreierlei Füllringe, resp. Pressklötze gebraucht.

Die Transmissionsmaschine, nach dem Princip eines Riemenhammers bewegt, besteht aus einem durchbrochenen glockenförmigen Stampfer, der der Gestalt der abzuformenden Gegenstände, Poterie, Geschützkugeln etc. angepasst ist und der an einem Bandseil oder Riemen aufgehängt ist. Geführt wird der Stampfer durch einen, in einem Gerüst gleitenden Rahmen. Der Riemen oder das Bandseil wickelt sich auf einer mit Rändern versehenen Riemenscheibe auf, die auf dem Gerüst fest aufgelagert ist. Ihre Axe verlängert sich auf der einen Seite nach aussen hin und trägt horizontal verschiebbar, aber sonst mit der Axe drehbar verbunden, einen Friktionsconus, der sich in eine auf derselben Welle befindliche Losscheibe eindrücken lässt. Ueber diese Losscheibe schlingt sich der Riemen der Transmission und wirkt, sobald der Conus durch Handbewegung gegen die Scheibe gedrückt wird, hebend auf den Stampfer. Derselbe stösst mit einer an dem Unterende des Führungsrahmens sitzenden Nase, an einen Bügel, der in entsprechender Verbindung mit dem Hebelwerk des Druckconus, denselben zurückzieht, so dass der Stampfer herabfallen würde, wenn nicht ein Riegel an dem Oberstück der Führung die Nase abfinge und nur durch die Bewegung eines anderen Hebels ihre Auslösung oder Fall erfolgen könnte. Mit beiden Maschinen hat Döhn auch noch Modellausziehvorrichtungen verbunden, die in nichts sich von dem Jobson'schen Princip unterscheiden.

§ 181. Die Stampfmaschine von J. D. Delille arbeitet mit hohlem Stampfer, in den der Sand geschüttet wird, um in die Form zu gelangen. Ein grosser Trichter, nach unten zu mit horizontalem Schieber abgeschlossen, wird durch einen Arbeiter oder durch eine mechanische Vorrichtung fortwährend mit Formsand gefüllt erhalten. Aus diesem Trichter fällt der Sand in einen ledernen oder aus Kautschuck gemachten Trichter, welcher mit dem Oberende des röhrenförmigen Stampfers zusammenhängt und je nach den Bewegungen des letzteren sich ausdehnt oder zusammenzieht. Um das obere Ende des röhrenförmigen Stampfers schliesst sich ganz genau und fest ein Stahlring mit Rand, welcher in einem Metallring auf- und abgleitet, sobald der Stampfer bewegt wird.

Die Bewegung geschieht durch eine Welle, welche zwei Hebedaumen trägt; dieselben schlagen auf einen stumpfwinkligen Hebel, dessen anderes Ende gabelförmig das Stampfrohr umgreift und dasselbe mittelst Anschlagens an einen darauf befestigten Ring emporwirft. Um eine noch besser rüttelnde Bewegung hervorzubringen, ist zwischen dem ebengenannten Anschlagring des Stampfers und dem oberen Ende des ganzen Aufgebeapparates eine Spiralfeder angeordnet, welche lose um den Stampfer gewickelt erscheint und denselben immer wieder herabschnellt.

Die mit abgestuften Riemscheibenpaaren versehene Betriebswelle überträgt die Bewegung mittelst zweier Getriebe auf die Daumenwelle, welche rascher läuft als die Betriebswelle selbst. Von der Riemscheibenaxe aus überträgt sich die Bewegung mittelst Winkelgetriebe weiter auf eine Verticalwelle, die nach unten führt und ein Stirnrad trägt. Dieses Rad greift in ein anderes ein, dessen Nabe die Mutter einer Schraubenspindel bildet, welche letztere das Kreuzgestell für den Formkasten trägt. Durch diese Combination ist das selbstthätige Sinken des Formkastens beim Fortgang des Stampfens ermöglicht. Vier Führungsstangen unterstützen die Bewegung und sind oben wie unten in durchbrochenen Ringen befestigt.

Um nun mit dem immer an einer Stelle thätigen Stampfer in einem beliebig gestalteten Formkasten überall hinzukommen, setzt man den letzteren auf einen Wagen mit drehbaren Rädchen und

kann während des Stampfens den Kasten überall hindrehen und wenden, damit der Stampfer seine Arbeit thue. Der Wagen mit dem Kasten ruht dann auf der Platte, welche auf dem niedergehenden Kreuzgestell sich befindet.

Beim Formen von kreisrunden Gegenständen, Cylindern, Röhren etc., wird der Formkasten genau auf der Unterlagsplatte centrirt, der Stampfer, dessen Füllbüchse und Führung ihrerseits in einem Rahmen ebenfalls verschiebbar sind, auf dem Zwischenraum zwischen Modell und Kasten eingestellt und der letztere nunmehr durch eine Kettenradübertragung gedreht, welche auf der ersten Winkelradwelle und auf der Schraubenwelle des Tisches aufgesteckt werden kann.

Auch ein Modellsenken, nach Absperren der Stampfbewegung durch Ausrücken des Daumenwellengetriebes und Weitergehenlassen der Senkvorrichtung unter Abfangen des Kastens, lässt sich mit der Delille'schen Maschine bewirken. Sie bildete überhaupt den Ausgangspunkt für die bereits im Eingang dieses Artikels besprochenen Röhrenstampfmaschinen von Edington, Dewailly, Frick u. A. Zu bemerken ist dazu, dass die in der Patentbeschreibung gegebene Ausführung überhaupt eine schematische ist und von Fall zu Fall wird verändert werden müssen.

§ 182. Viel fruchtbarer als die Stampfmaschinen sind die Pressen mit Hilfe von Pressblöcken, Druckplatten geworden, von welcher Anwendung die nachstehenden Beispiele eine Darstellung geben.

Unter den Combinationen der bloss das Modellausziehen bewirkenden Maschinen und der gleichzeitig das Stampfen durch eine Druckvorrichtung ersetzenden Maschinen ist die von Ugé-Dortmund für kleinere Gegenstände construirte Vorrichtung (D. R.-P. 15570, 16. Januar 1881) eine der einfachsten.

Eine Form- oder Modellplatte mit der einen Hälfte der betreffenden Gegenstände wird auf einer, mittelst Zahnstange und Getriebe vertical beweglichen, in guter Führung laufenden Tragplatte befestigt, wobei die Bewegung so begrenzt ist, dass die Modellplatte nur gehoben und dann erst wieder auf den vorigen Stand gesenkt werden kann. Man setzt einen Formkasten auf die Formplatte und füllt ihn lose mit Formsand an, legt dann Bretterstücke (deren Dicken nach der Compression des Formsandes erfahrungsgemäss bestimmt werden müssen) darauf, so dass sie in den Kasten hineingehen und schlägt dann eine an Bügeln drehbar befestigte Gegendruckplatte, die vorher zurückgeschlagen war, herüber, so dass sie horizontal über der mit den Druckbrettern belegten Formkastenrückseite schwebt. Drückt man nun auf den langen, auf der Axe des Getriebes der Zahnstange aufgesteckten Hebel, so wird der Formkasten an die Gegendruckplatte gebracht, die Druckbretter drücken sich in den Kasten hinein und den Sand zusammen, bis der Kasten selbst an die Gegendruckplatte anstösst. Die letztere wird nach Senken des Kastens wieder zurückgeschlagen — dann nach Lösung einer Arretirung die Modellplatte weiter zurückgezogen, wobei der Formkasten auf dem Maschinengestell liegen bleibt. Er kann nun abgehoben und durch einen anderen ersetzt werden, der ebenso behandelt wird. Die Druckbretter können mittelst eines Rahmens entfernt werden, nachdem der Kasten abgehoben ist.

Ein drehbarer Tisch von G. Allweiler-Radolfszell (D. R.-P. 21272 vom 2. April 1882) gestattet das gleichzeitige Arbeiten von vier Leuten an der einen Vorrichtung, welche auch das Sandpressen vermitteln kann, obwohl dasselbe nicht direkt vorgesehen ist.

§ 183. Eine Maschine, bei welcher das Sandeinstampfen und das Modellausheben in räumlich und auch der Kraftbenutzung nach getrennter Weise bewirkt wird, eine Doppelmaschine im gewissen Sinne hat Ch. Laissle-Reutlingen entworfen und ihre Ausführung der Fabrik L. A. Riedinger-Augsburg übergeben (D. R.-P.-Anmeldung 14434, 1. August 1881).

Zwischen zwei Aushebevorrichtungen befindet sich die Pressvorrichtung mit verstellbarer Gegendruckplatte und kräftiger Plungerführung nach Art der hydraulischen Pressen, die, sobald Kraftbetrieb gewünscht ist, auch das direkte Muster bilden; auch die Formtische zu beiden Seiten haben dieselben Plunger, für Handbetrieb mit Handrad und Zahnstange ausgerüstet und mit Stellvorrichtung versehen.

Ein Formwagen mit Modellplatte etc. bewegt sich auf allen drei Tischen und kann auch noch in festen Lagern gedreht werden. Das Formen geschieht so, dass auf dem einen Formtisch die leeren Kasten aufgesetzt, unter das Sandreservoir gehoben, mit einer genau zu regulirenden Sandquantität gefüllt, wieder heruntergelassen und dann auf den anstossenden Presstisch geschoben werden. Nachdem hier der Sand comprimirt worden, gelangen die Kasten nach dem zweiten Formtisch, der so hoch gehoben ist, dass die Drehzapfen des Wagens in die Lager einfallen können. Senkt sich der Formtisch, so bleibt der Wagen mit dem Kasten in der Schwebe, wird gewendet und horizontal eingestellt; der Formtisch hebt sich wieder und berührt den Kasten, die Verbindungen des letzteren mit dem Wagengestell und der Formplatte werden gelöst und beim Senken des Tisches löst sich nunmehr der Formkasten richtig und sicher von der Modellplatte. Für Zahnräder ist eine etwas umständliche Einrichtung vorhanden; der Formkasten nebst Wagen und Gestell wird beim Verlassen des Presstisches auf den zweiten Formtisch gerollt, ohne zu wenden in den offenen Lagern aufgehängt und nach Lösung der betreffenden Verbindungen das oder die Modelle durch die Formplatte hindurch mittelst einfachen Senkens des Form-

tisches herausgezogen. Man kann dann den Kasten direkt wegnehmen, kann ihn aber auch wenden und auf dem unterdessen von den Modellen befreiten und wieder heraufgekommenen Formtisch aufnehmen lassen.

§ 184. Eine Formmaschine mit Doppeldruck hat sich H. Reusch-Dillingen patentiren lassen, um die Doppelarbeit bei nur einseitigem Druck zu vermeiden (D. R.-P. 15222, 21. Novemb. 1880).

Die etwas complicirte Einrichtung bietet im Einzelnen nichts neues als eine doppeltwirkende Druckvorrichtung, aus zwei Pressklötzen oder -platten bestehend, welche sich an zwei im Gestell der Maschine vertical gelagerten und mit Rechts- und Linksgewinde versehenen Spindeln gegeneinander und voneinander bewegen. Die Drehung der beiden Spindeln erfolgt durch oberhalb des Rahmens auf die Axen aufgesteckte Zahnräder, wobei die Drehungsrichtung durch ein Umkehrgetriebe mit Reibungskuppelung in beliebiger Weise verändert werden kann.

Zur Regulirung des Druckes auf den Sand ist zwischen dem Handhebel und der durch ihn bewegten conischen Reibungskuppelung eine Federwaage eingeschaltet; wird das nach der Federwaage zulässige Druckmaximum überschritten, so fängt die Kupplung an zu schleifen und verhindert die weitere Drehung der Spindeln.

Um mittelst der geschilderten Doppeldruckvorrichtung auf die Formkasten wirken zu können, ist ein Wagen auf vier Rädern construirt, der zwischen den beiden Pressklötzen fast genau in der Mitte sich bewegt und einen Rahmen trägt, welcher mit seitlichem Zapfen im Wagengestell drehbar eingelagert ist und auf welchem zu beiden Seiten die Modellplatten, die Formkasten, die Füllrahmen durch Bolzen und Splinte und, nach Füllung der Kasten mit Sand, auch die Druckbretter mittelst elastischer Bänder befestigt sind.

Der vorgerichtete Wagen, beide Formkastenhälften gefüllt, wird zunächst zwischen die Pressklötze gefahren und dann durch Einrücken der Kupplung dem beiderseitigen Druck ausgesetzt. Zur gleichmässigen Vertheilung des Druckes auf die beiden Formkasten, ist die Strecke des Geleises, auf welcher der Wagen während des Druckes steht, auf Spiralfederpuffern gelagert, die wie aufrecht gestellte Waggonpuffer aussehen. Nach obenhin gestatten die offenen Lager der Zapfen des Formplattenrahmens freies Spiel, falls der untere Formkasten eher comprimirt sein sollte als der obere.

Nach Beendigung der Pressung und Rückgang der Klötze wird der Wagen nach der anderen Seite der Maschine auf dem Geleise herausgeschoben und gelangt über ein senkrecht dagegen laufendes zweites Geleise, auf welchem ein kleiner Plattformwagen verkehrt. An dem Kreuzungspunkt des unteren Geleises und der Projektion des oberen ist ein Hebetisch, hydraulisch oder durch Zahnradvorgelege beweglich, ein Geleisestück tragend, eingeschaltet, welcher, mit dem kleinen Plattformwagen besetzt, bis unter die Formkastenfläche (nachdem der Füllrahmen und die Druckbretter beseitigt sind) gehoben wird. Wenn der Formkasten fest aufliegt, löst man ihn vom Rahmen des Hauptwagens ab, senkt den Hebetisch bis zur Geleisehöhe, so dass der Transportwagen zur Seite gefahren werden kann, wo er auf einem zweiten Hebetisch bis zur Hüttensohle heruntergesenkt werden kann. Die andere Hälfte des Formkastens wird nach Drehung des Rahmens ebenso von dem Hauptwagen gelöst und kann direkt auf den anderen Kasten aufgesetzt werden.

Bei bedeutender Massenfabrikation quadratischer Gegenstände gibt man der Maschine vier in der Diagonale angeordnete Schraubenspindeln, auf welchen kreuzförmige Pressklötze laufen. Dadurch wird die Maschine, wenn noch rechts und links von ihr die Nebengeleise und Hilfshebevorrichtungen angeordnet, von vier Seiten zugänglich, so dass immer auf zwei nebeneinander liegenden Stellen die Formkastenwagen vorgerichtet sind und nachdem sie gepresst, auf den entgegengesetzten Seiten abgezogen werden können.

§ 185. Die Formmaschine von Gallas & Aufderheide, Kaiserslautern (D. R.-P. 19572, 28. November 1880) vereinigt, allerdings in etwas complicirter Weise alle möglichen Erfordernisse, um die maschinelle Förmerei der Elasticität der Handförmerei nahe zu bringen; dennoch kann sie anderen ähnlichen Construktionen z. B. der Reusch'schen Maschine gegenüber noch immer einfach genannt werden.

Der Hebetisch ist gleichzeitig Pressapparat, wird ausser in der Mitte durch einen Plunger, mit doppelseitiger Zahnstange noch in den vier Ecken durch die Verbindungsstangen des Oberstücks der ganzen Maschine geführt und ist sehr kräftig durchgebildet. Interessant ist der Versuch in der Transmission der Bewegung von der Kurbelwelle aus nach den in die Zahnstangen eingreifenden Getrieben hin. Zunächst ist eine Kettenübertragung vorhanden, welche nach einer ziemlich grossen Kettenscheibe führt; auf der Axe der letzteren ist eine gezahnte Kurvenscheibe aufgesteckt, welche die Bewegung auf eine gleiche auf einer anderen Welle sitzende Kurvenscheibe überträgt. Auf dieser letzten Welle steckt in umgekehrtem Sinne eine dritte Kurvenscheibe, die wieder mit einer vierten Kurvenscheibe arbeitet. Auf der Welle der letzteren sitzt das eine Zahnstangengetriebe, auf der Welle der ersten Kurvenscheibe das andere Getriebe.

Die Bewegung gestaltet sich durch diese eigenthümliche Uebertragung so, dass bei gleicher Drehung der Kurbel, dennoch eine gleichförmig verzögerte Drehung der Zahnstangengetriebe stattfindet,

wenn gehoben, eine gleichförmig beschleunigte, wenn gesenkt oder heruntergelassen wird. Dadurch wird anfänglich der Sand rasch, dann mit steigender Compression langsamer zusammengedrückt. Die vierte Kurvenscheibe ist verstellbar, um Kästen von verschiedener Höhe pressen zu können; der Presstisch wird durch ein starkes auf Rollen gehängtes Gegengewicht abbalancirt.

Auf dem Tisch verkehrt ein Wagen, welcher aus einem Untergestell mit den Rädern etc. besteht und aus einer Platte. Diese Platte ruht auf zwei am Gestell befestigten breiten Wagenfedern und wird durch eine in der Mitte befindliche Schraubenverbindung festgehalten, ausserdem in den Ecken durch vier Stifte des Gestells geführt. In der Schraubenverbindung ist eine mit einem sechsseitigen Prisma verbundene Drehvorrichtung eingeschaltet, welche, je nachdem eine Seite oder eine Ecke des Prismas einen die Schrauben verbindenden Bügel streift oder drückt, die Platte etwas herunterzieht oder nicht. Dadurch wird die Lösung der Modellplatte während des Förmereiprocesses erleichtert und etwa abgefallener Sand kann dann durch nochmaliges Pressen wieder angedrückt werden.

Auf dieser Wagenplatte liegt zunächst ein Rahmen, darauf die Modellplatte, mit welcher eine Umdrehvorrichtung, die mit allen zusammen bei der Pressung in die Höhe gehoben wird in einer lösbaren und verstellbaren aber doch festen Verbindung sich befindet; auch hier ist eine Abbalancirung vorgesehen. Darüber befinden sich zunächst: ein in festem eisernen Rahmen fahrbarer Grobsandkasten und noch höher ein festes Sieb für feinen oder Modellsand. Pressrahmen und Pressklotz werden theils direkt auf den Formkasten gesetzt, theils von der Seite her eingeschoben und die Procedur des Formens selber unterscheidet sich nicht erheblich von den bei den anderen Maschinen.

Für jede Kastenhälfte ist eine besondere Maschine vorhanden und zum Zusammensetzen beider Hälften ist noch eine eigne Kastenrichtmaschine nothwendig, welche, wie die Formmaschine selber, sich durch interessante Details auszeichnet.

Der Preis der Maschinen muss ein ziemlich hoher sein, da einige schwierig herzustellende Construktionsstücke von sehr genauer Arbeit darin sich finden und da überhaupt die ganze Bauart eine nach allen Richtungen hin äusserst vollständige, so zu sagen reiche ist.

§ 186. Seebold & Neff in Carlsruhe (D. R.-P. 8390) haben eine Formmaschine construirt und dazu weitere Angaben gemacht, die von Interesse sind. Sie verfolgten das Ziel, die aus der Anwendung ebener Druckplatten gegenüber profilirten-Formplatten sich ergebenden Uebelstände zu vermeiden und dann eine Regulirung des Druckes unabhängig vom Arbeiter und in jedem Fall der Natur des Sandes vollkommen entsprechend zu bewirken.

Der erste Zweck wird durch das auch in dem schon citirten Brandt'schen Verfahren benutzte Abgiessen der Metallplatte oder Formplatte mittelst erwärmten Guttapercha oder sonst einer zu hinlänglicher Festigkeit erstarrenden Masse bewirkt. Man erhält dann eine Druckplatte, welche indess nicht einfach in den Druckrahmen und auf den Sand gelegt, sondern in folgender Weise benutzt wird. Die Druckplatte wird verkehrt auf ein Brett gelegt, der Druckrahmen daraufgesetzt, mit Sand gefüllt und nach Abstreichen mit einem Blech zugedeckt.

In ähnlicher Weise wird der Formkasten auf der Metallplatte behandelt und auf denselben späterhin der umgewendete und noch immer mit dem Blech abgedeckte Druckrahmen gesetzt. Dann befindet sich überall eine gleich starke, aber auch gleich dichte Sandlage zwischen Druckplatte und Modellplatte und beim Eintreten des Druckes können keinerlei Verschiebungen der comprimirten Sandmassen entstehen.

In der Formmaschine ruht die Modellplatte auf einer besonderen Unterlagsplatte und wird wie gewöhnlich daran befestigt; diese Unterlagsplatte hängt ihrerseits in einem an Zapfen drehbaren Rahmen, welche Zapfen wieder in senkrechten Bügeln hängen.

Unter dem Rahmen bewegt sich auf dem heb- und senkbaren Tisch ein vierrädriger Wagen, um den Formkasten später aufzunehmen. Der Hebetisch wird durch Doppelbügel von zwei Excentern aus gehoben, die mit gezahnten Segmenten sich gegenseitig genau führen und deren eine Axe durch eine Umsetzung mittelst Zahnradsegment und Getriebe von einer Drehkurbel bewegt wird. Der Tisch wird ausserdem von zwei Gewichtshebeln abbalancirt, um die Manipulation zu erleichtern.

Wie bei den bereits geschilderten Einfach- und Doppelpressen, ist bei dieser kleineren Maschine auch eine besondere Vorkehrung für das Sandauffüllen vorhanden, die mit beweglichem Sandkasten etc. versehen ist und zu der im weitern Sinn noch ein an der Seite anbringbarer Schutzkasten gehört.

§ 187. Die neue Formmaschine von Seebold & Neff (D. R.-P. 22766, vom 23. Febr. 1882) besteht aus einem langen Bett, an dessen beiden Enden sich je eine Abhebevorrichtung befindet, während in der Mitte der Pressapparat steht. Alle drei Apparate sind mit Schienen verbunden, auf denen ein zum Tragen der Wendevorrichtung vorzugsweise bestimmter Wagen läuft.

Der Wenderahmen, der die Modellplatte aufnimmt, lässt sich in seinen Lagern heben und senken und wird, um während einzelner Stadien des Processes horizontal liegen zu bleiben, in der Nähe seiner vier Ecken durch Daumen festgehalten. Diese Daumen können, durch Wellen mit Kegelrädern ver-

bunden, gleichzeitig ein- und ausgerückt werden, wozu eine besondere Hebelverbindung vorhanden ist. Auch eine Regulirung des Daumeneinschlags durch Stellschrauben und Schlitze ist vorhanden.

Der Sand wird mittelst Pressklötzen eingedrückt, die ihre Bewegung durch Zahnstangengetriebe und Rädervorgelege erhalten. Der Balken, in welchem die Zahnstange mit dem Pressklotz geführt wird, ist an den verticalen Führungssäulen, an denen er befestigt ist, verstellbar angeordnet und wird dadurch das Pressen von Kasten verschiedener Höhe möglich gemacht.

Das Pressen wird durch die Zahl der Umdrehungen des Rädervorgeleges controlirt, ein Verfahren, dass nur zu empfehlen ist, weil bei verschiedener Kastenhöhe etc. sonst das eine Mal stärker, das andere Mal schwächer comprimirt werden würde.

Beim Pressen haben nicht etwa die Daumen, die den Wenderahmen wagrecht halten, den ganzen Gegendruck aufzunehmen, sondern sie werden, sobald der Kasten mit Rahmen und Modellplatte auf dem Presstisch liegt, weggedreht. Damit dies nicht früher geschieht, als dieses Aufliegen vorhanden ist, haben die Erfinder wieder eine Sicherheitsvorrichtung an einer der Führungssäulen angebracht, welche beim Einfahren des Wagens in die Presse die Drehvorrichtung des Presskolbens gewissermaassen blokirt. Nach dem Pressen wird der Wenderahmen gedreht und der Wagen über die Abhebevorrichtung gefahren. Dieselbe besteht aus einem Abhebetisch mit Kugelgelenkauflagerung, Spindel, Mutter, Räderübersetzung und Handkurbelwelle. Die kugelgelenkartige Auflagerung ist deshalb angeordnet, damit der Abhebetisch auch ungeachtet kleiner Ungleichheiten auf der Rückseite des Formkasten sich doch gut anschliessen lässt. Eine Vorrichtung zum Festklemmen ist dieser Kugelgelenkauflagerung auch beigegeben und wird von der Seite aus durch eine kleine Nebenwelle betrieben.

Für Formkästen verschiedener Höhe ist, um eine unnütze Bewegung der Platte zu vermeiden, eine Stellvorrichtung an dem Führungskasten der Abhebevorrichtung noch angeordnet, die ganz zweckmässig scheint.

Der Sandkasten zum Auffüllen der Kasten besitzt in Gelenken aufgehängte Seitenwände, sodass dieselben der Kastenbreite angepasst und durch Flügelmuttern festgestellt werden können.

In einem Zusatzpatent (Nr. 22352 vom 23. Febr. 1882 zu Nr. 9089) bringen Seebold & Neff verstellbare Schlitten an ihrer Maschine an, um Formkästen kleinerer und grösserer Abmessungen z. B. die sehr hohen Kästen der Geschirrförmerei zusammenzusetzen*).

3. Kapitel.

Apparate und Geräthe zum Trocknen und Brennen der Formen.

§ 188. Die Nothwendigkeit, Masse- und Lehmformen zu trocknen, ist wiederholt betont worden und es kann hier eben nur daran erinnert werden, dass der Wassergehalt dieser Formmaterialien ein zu grosser und ihre Porosität eine zu geringe ist, um während des Gusses das Entweichen des Wassers zu ermöglichen. Bei dem Lehm besonders muss das zu seiner Plasticität erforderliche Wasser ausgetrieben worden sein, bevor flüssiges Eisen mit den Formmaterialien in Contakt treten kann.

Das Trocknen geschieht in verschiedener mehr oder minder elementarer oder complicirter Weise. Kleine Formen, z. B. die aus Feinmasse hergestellten, können bereits auf einer Ofenplatte mit Unterfeuer getrocknet werden, während grössere in Kammern, die mit Heizungsanlagen versehen sind, eingeschlossen werden müssen. Eine besondere Ausnahme machen die grösseren Formen mancher Bezirke, welche nur übertrocknet werden und einen Transport in besondere Darrkammern nicht nöthig haben. Dieses billige und einfache Verfahren ist allerdings von dem Vorhandensein gewisser Materialien abhängig, sehr guter grobkörniger und lockerer Formsande von nur etwas fettem Charakter. Dadurch, dass man nur um die Modelle herum diese fetteren Partien streut und dahinter die grobkörnigeren Theile setzt, ist man nur genöthigt jene verhältnissmässig dünne Schicht durchzutrocknen, was durch Feuerkörbe etc. hinlänglich wohlfeil geschehen kann, wohlfeiler mindestens als Transport und Einschluss der Formen nach und in Darrkammern erfolgen könnte.

Die Betriebsvorrichtungen, deren man sich zum Trocknen bedient, nennt man wie oben angedeutet Darrkammern und gibt ihnen eine möglichst einfache Einrichtung. Sie müssen in der Regel eine grössere Anzahl von Formtheilen und Formstücken aufnehmen und austrocknen können, sollen dabei aber möglichst wenig und meist geringwerthigen Brennstoff verbrauchen. In der Leistung müssen sich Raumverhältniss und Feuerungsanlage der Darrkammer so gestalten, dass die grössten und massigsten Formen in einer möglichst kurzen Zeit vollkommen ausgetrocknet werden. Bei Artikeln, welche einen sehr starken Betrieb veranlassen, aber in sehr gleichmässiger Beschaffenheit angefertigt werden, z. B. bei Röhrenkernen u. dergl. construirt man die Darrkammern fast genau nach der Form und Grösse der betreffenden Gegenstände, gibt ihnen auch sonst wohl noch Einrichtungen, die speciell auf Gestalt und Grösse der Objekte zurückzuführen sind und für andere Dinge nicht passen.

*) Im Vorstehenden ist ohne illustrative Beihilfe eine Auswahl von maschinellen Formvorrichtungen gegeben, welche zeigt, wie lebhaft die Erfindungsbewegung auch auf diesem Gebiete ist.

Auch Arbeitsvorrichtungen, z. B. Lager und Bügel zum Einlegen der Schablonenaxen und dergleichen mehr sind oftmals in den Darrkammern angeordnet, doch ist es nicht zu empfehlen, weil sich nur schwer eine gute Beleuchtung in diesen Kammern herstellen lässt und weil zu grosse oder zahlreiche Fenster die Wärmeverluste nach aussen nur steigern können. Auch verliert man durch eine derartige intermittirende Benutzung der Darrkammer eine Masse Wärme, da die Kammer doch immer bis zu einem gewissen Grad abgekühlt sein muss, ehe die Leute darin arbeiten können und ehe man den Lehm, um den es sich in der Regel handelt, ohne Gefahr für seine Bearbeitbarkeit darin manipulirt.

§ 189. Die Hauptsache für die richtige Construktion einer Darrkammer ist die Feuerungsanlage derselben. Leider ist noch vielfach die betreffende Einrichtung eine unendlich elementare und besteht darin, dass in die hinteren Ecken (von der Thür aus gerechnet oder gedacht) der mit Ausnahme eines kleinen Abzugs auf dem Dach vollkommen geschlossenen Darrkammer, ein Feuer aus Steinkohlen angemacht ist, welches naturgemäss sehr unvollkommen brennt, da es an Luft fehlt und welches auch bald zu schwelen anfängt und schliesslich ausgeht, ehe noch alle Kohlen verbrannt sind. Es ist diese rohe Art der Befeuerung einfach von dem Betrieb der Darrkammern auf älteren Holzkohlenwerken abgeleitet, wo man sich eben auch mit solchen Scheiterhaufen behalf, die aber der ganzen Natur der Holzkohle wegen erheblich besser brannten.

Man kann den Darrkammerbetrieb nur mittelst einer in dieselbe eingelegten, von aussen zugänglichen Feuerungsanlage wirklich rationell führen und es sind noch viele Verbesserungen möglich, wenn namentlich eine grosse Zahl gleichmässiger Artikel producirt wird.

Die Darrkammer ist nichts weiter als ein grosser Flammofen, in welchem eine Circulation heisser Gase zur Wasserverdampfung, also von 120—150° Durchschnittstemperatur hervorgebracht werden soll. Naturgemäss ist die Feuerungsanlage im Verhältniss zum Heizraum nur klein und könnte in den meisten Fällen auch der besten Ausführungen noch kleiner sein, wenn nicht im Interesse der gleichmässigen Erhitzung des Kammerraumes ein zu grosses Missverhältniss zwischen Feuerungsanlage und Heizraum zu vermeiden wäre.

Könnte man alle Formen hintereinander in einen langen und schmalen Canal einschliessen und darin vorrücken lassen, nachdem man sie an der kältesten Seite eingesetzt hatte, so würde man mit einem Minimum von Heizanlage auskommen. Etwas Aehnliches lässt sich aber nur bei absolut gleichgrossen Stücken anwenden, z. B. an den Darrkammern für die Röhrenkerne, wie später noch gezeigt werden soll. Um eine gute Wärmevertheilung hervorzubringen und doch einen guten Abzug zu haben, muss dem Feuer entgegengesetzt, das Feuergas durch einen oder zwei Abzüge im Boden aufgenommen, unter eine nach oben noch Wärme abgebende Eisenplattendecke nach der Seitenwand, oft noch nach der Feuerwand zurückgeführt werden, um dann durch eine guterwärmte Esse abzuziehen.

Die Rostanlage selber kann verschieden sein, je nach dem Brennstoff; vorwiegend wird sie aus schrägen Stäben oder aus Staffeln zusammengesetzt sein, um klares Brennmaterial darauf zu consumiren.

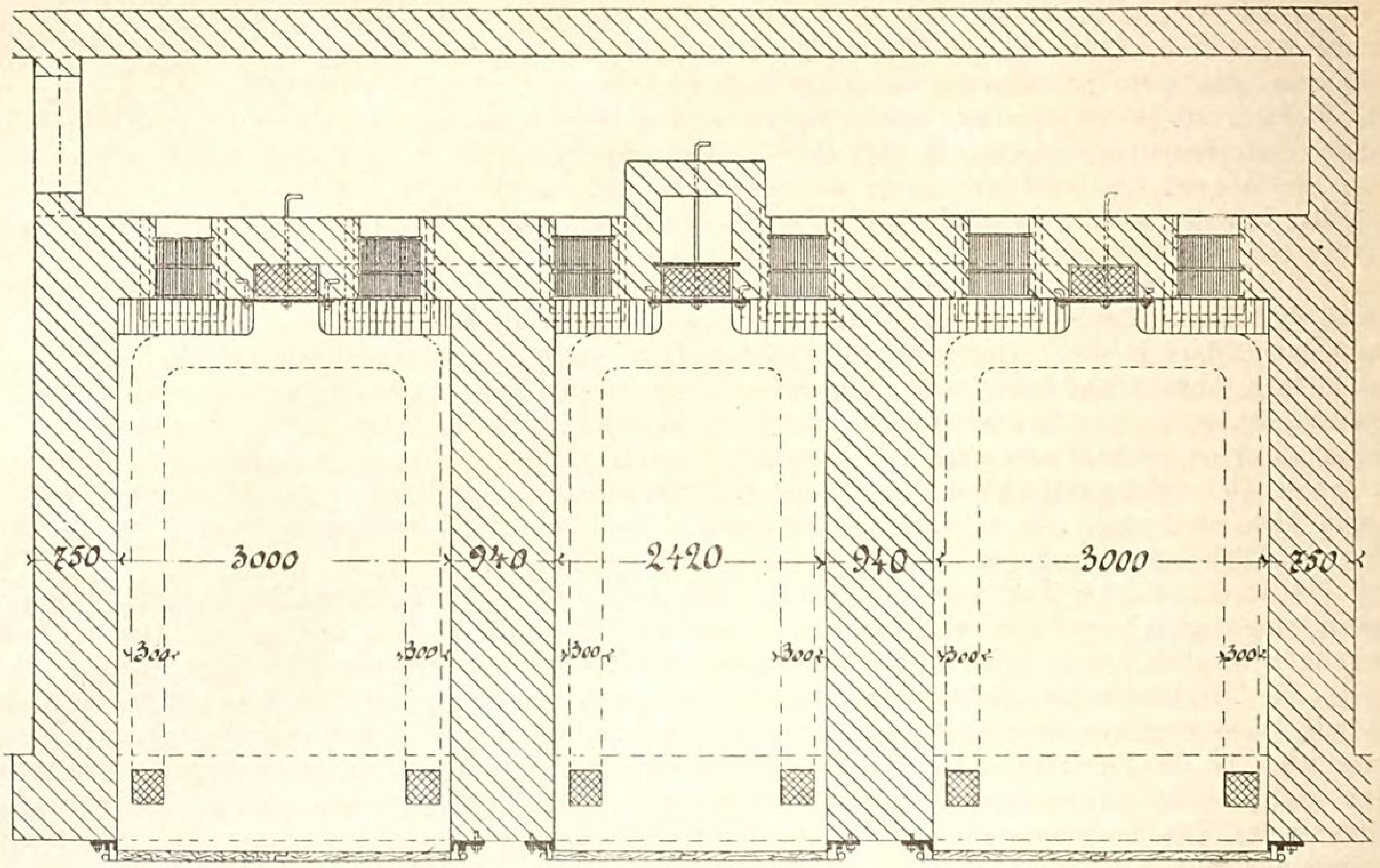
Die Aufgebethür für den Brennstoff ist gut verschliessbar zu machen, damit keine Oberluft über dem Feuer eintritt und der Rost kann tief und in einem Vorraum liegen, um die direkten Wirkungen des Windes eventuell abzuhalten.

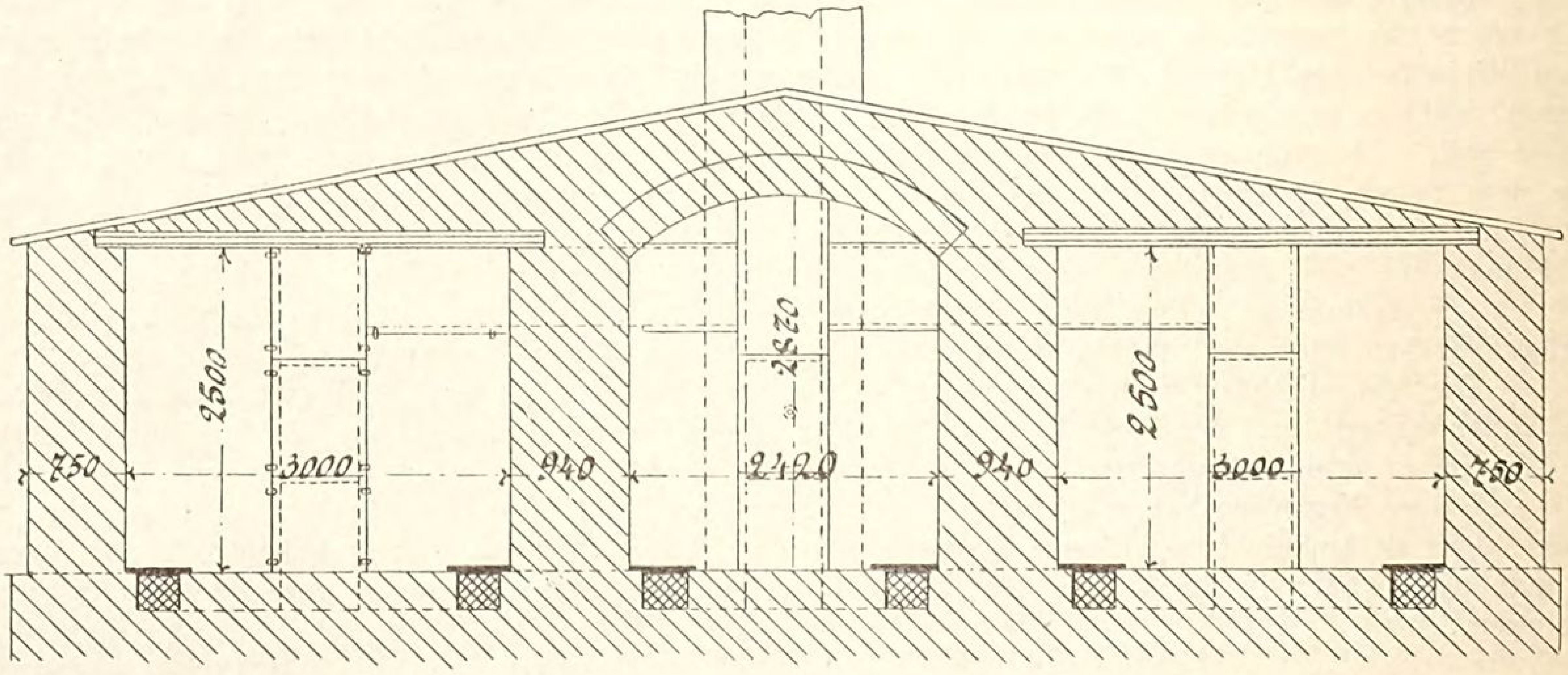
Grosse Kammern haben oft zwei Feuerungen; doch sind diese Fälle selten, weil so sehr grosse Stücke, dass sie einzeln eine grössere Kammer erfordern, nicht vorkommen. Auch bei kleineren Kammern hat man zwei Feuer in die Ecken der Rückseite gelegt, um eine gleichmässigere Erwärmung hervorzubringen.

§ 190. Ein gutes Beispiel einer Darrkammereinrichtung gibt die Fig. 41, welche drei nebeneinanderliegende Kammern aufweist, von denen die mittlere schmäler und etwas höher, mit einem Tonnengewölbe abgedeckt ist, während die beiden zur Seite liegenden Kammern flacher und mit schmalen auf Trägern sich herüberspannenden Gewölben versehen sind.

Die Feuerungsanlagen, zwei in den Ecken jeder Kammer, nehmen die ganze Mauerdicke ein und sind nach der Kammer zu durch eine Feuerbrücke abgeschlossen, welche etwa 300 mm hoch über die Kammersohle hervortritt. Bedient werden die sämmtlichen Feuerungen von einem überwölbten Gang aus, der sich hinter den Darrkammern hinzieht und der auch den Zutritt der Verbrennungsluft zu vermitteln hat. Es sind gedeckte Fülltrichter angeordnet, welche in das Feuer herabreichen und welche, ähnlich wie bei anderen Feuerungen, den Brennstoff erst warm werden und selbst entgasen lassen, ehe er auf die eigentliche Feuerfläche gelangt. Es findet mithin stets eine gleichmässige Verbrennung statt, die erst dann im Effekt steigt, wenn das Feuer nicht mehr frisch aufgegeben wird, sondern niedersinkt, um dann zu verlöschen. Die Anheizung der Kammer kann hierbei auch stets so gehandhabt werden, dass keinerlei unverbranntes Gas herausgeht; man braucht nur mit wenig Kohlen zu beginnen und erst dann reichlicher aufzuschütten, wenn der Raum schon etwas warm geworden ist.

Die Feuergase steigen nach der Decke der Kammer auf und verbreiten sich da über den ganzen Raum. Ihr Abzug findet an beiden Seiten der Thüröffnung statt, wo quadratische Füchse nach unten


750
3000
940
2420
940
3000
750
300
300
300
300
300
300


2500
750
3000
940
2820
2420
940
2500
3000
750

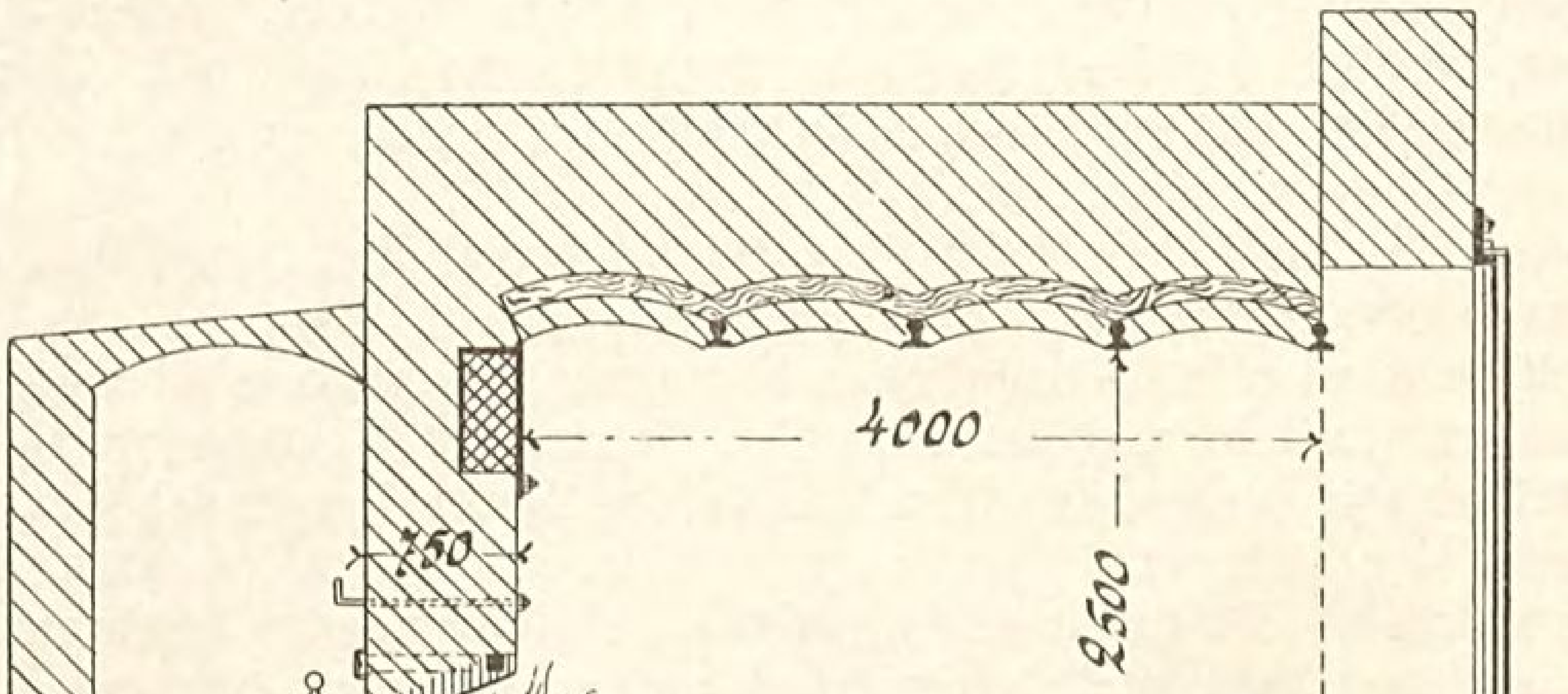

4000
750
2500

Fig 41

führen von denen aus wieder quadratische, nur mit Eisenplatten abgedeckte Sohlencanäle nach hinten laufen, sich zwischen den Feuern vereinigen und zusammen in einen, mittelst Schiebern absperrbaren Fuchs münden, der schräg nach der an der Mittelkammer angebauten Esse führt.

Durch die Eiseneindeckung der Bodenzüge, sowie durch die Eisenbekleidung der schrägen, in der Wand nach der Esse zu laufenden Füchse, wird von den abziehenden Feuergasen noch der grösste Theil ihrer Wärme an die Kammer abgegeben und die gleichmässige Durchheizung derselben ermöglicht.

Zwischen den Zügen können die Geleise für die die Formen tragenden Wagen angelegt werden und an den Seiten über den Zügen, die für kleinere Sachen oftmals beliebten Bretter, d. h. eiserne Wandbretter.

Die Thüren der Kammern nach dem Giessraum zu sind aus Eisenblech, doppelwandig, mit innerer Schlackenwollenfüllung gefertigt und bewegen sich in Charnieren. Die Bewegung auf einer über der Thüröffnung fest aufgehängten Schiene mittelst Rollen ist vielfach bequemer, besonders bei breiten Kammern, gestattet aber keinen so dichten Schluss. Noch ist eine kleine Luftzuleitung zu erwähnen, welche über dem schrägen Gewölbe der Feuerung liegt und bei geschlossener Feuerung die Zuführung warmer Luft gestattet, um die Wasserdämpfe besser abzuleiten.

§ 191. Ausser durch direkte Feuerung lassen sich die Darrkammern auch durch Gase aus irgend welchem anderen Betrieb erwärmen und betreiben. Es müssen dies allerdings dann Gase eines fortwährend im Betrieb befindlichen Apparates sein, damit man an der Benutzung der Einrichtung nicht gehindert wird, wenn es plötzlich nothwendig wird, die Darrkammer zu beheizen.

Aus diesem Grunde sind Hochofengase, soweit solche disponibel gemacht werden können, das geeignetste Gasmaterial und es haben früher manche mit Hochöfen verbundene Eisengiessereien ihre Darrkammern durch Hochofengase geheizt. Die Heizung wurde dann so ausgeführt, dass am Boden der Kammer Röhren von 15—25 cm Durchmesser lagen, die vielfach durchlöchert waren. In dieselben liess man das Gas eintreten und entzündete es mit umgelegtem Stroh- oder Holzfeuer, sobald ein hinlängliches Quantum in den Röhren vorhanden war.

Eine derartige Heizung ist natürlich nur ausführbar, wenn ausreichend Hochofengas vorhanden, um ausser an die Hilfsbetriebe des Hochofens noch an einen solchen Nebenbetrieb Gas abgeben zu können. Das gewöhnlich einer Giesserei zu Gebote stehende Gas, das Cupolofengas, welches bei geschlossener Ofengicht immerhin noch hinlänglich brennbar gewonnen werden könnte, um als Brennstoff dienen zu können, ist nicht verwendbar, weil der Cupolofenbetrieb in den meisten Fällen nicht so lange dauert, als die Trocknungszeit der Lehm- und Massestücke sich ausdehnt.

Bei der Verwendung solcher Gase tritt die Nothwendigkeit auf, grössere Anlagen zu machen, an Gichtverschlüssen, Leitungen etc., deren Verzinsung, Abschreibung und Unterhaltung mehr Mittel verlangen als vielleicht die Kosten der Beheizung der Kammern durch Grusskohlen, Cokesabfall etc. betragen.

Wenn man mehrere Oefen in einem Atelier betreibt, von denen immer einige im Betrieb sind, dann kann man noch eher an die Verwendung der abziehenden Gase denken, z. B. bei den Windöfen einer Tiegelgiesserei.

F. Oberstadt (Technologie der Eisenbahnwerkstätten) hat einen mit mehreren Windöfen combinirten Trockenofen und eine Darrkammer beschrieben, in welcher die kleinen Formentheile, welche aus den Windöfen ausgegossen werden sollen, getrocknet werden können.

Die Füchse der Windöfen, durch Schieber abschliessbar, münden in wagrecht liegende gusseiserne Rauchrohre, welche horizontal in der Kammer liegen und einen abgerundet, trapezoïdalen Querschnitt besitzen, mit schmalem Boden und breiterer tischartiger Decke. Die Fuchsöffnungen gehen durch die jene Rauchrohre umgebenden Mauermassive hindurch nach dem Innern des Kammerraumes und können auch von da her gereinigt werden. Ausserdem sind in nicht zu grossen Abständen Mannlöcher vorgesehen, welche die weitere Reinigung der Rauchrohre gestatten. Die Rohre liegen an drei Seiten der Kammer und führen dann in den Kamin, der aber auch direkt vom ersten Sammelrohr aus erreicht werden kann, wenn z. B. nur einer der in dem bez. Einwurf vorgesehenen drei Windöfen im Betrieb steht. (S. auch Dingler's Journal, Band 244. 53.)

§ 192. Im Anschluss an den Darrkammerbetrieb mag noch der beim Röhrenformen und -giessen vielfach gebrauchten Trockenvorrichtungen gedacht werden, welche nur die Innenseiten und Innenräume der Formen trocknen, ein Trocknen der ganzen Formen in Kammern aber vollkommen ausschliessen.

Die jetzt üblichen, mit stehenden Formkasten arbeitenden Röhrengiessereien haben entweder stabile Feuerungsanlagen, auf welche mittelst kleiner Wagen die aufrechtstehenden fertig gestampften Formkasten gefahren werden oder transportable Oefchen von Eisen, welche unter die in Trägern aufgehängten Formkasten gestellt und mittelst Blechschläuchen bezw. Blechconussen mit der unteren Oeffnung der Formen verbunden werden. Beide Heizapparate sind immer im Betrieb, namentlich die letzteren, die wenig zu pausiren haben; sie verbrauchen wenig Brennstoff und können mit Coks gefeuert werden, welcher ruhig und gleichmässig verbrennt, sobald Schutthöhe und Rostfugen richtig gewählt sind.

Für eine Röhrengiesserei mit festliegenden oder feststehenden Formkasten, wo mithin immer an der gleichen Stelle geheizt werden muss, wie bei der Anlage Fig. 43a und 43b, kann man mit Vortheil eine Generatorfeuerung einrichten, wie auch die angezogenen beiden Figuren erkennen lassen.

An der rechten Seitenwand stehen zwei mit Gebläse betriebene einfache Schachtgeneratoren mit Aufgebeapparat und angeschlossenem Staubkasten, aus welchem die Gase (siehe das oberste Profil der Fig. 43a) herab und in einen nach der Mitte der Förmereihalle herführenden, sich senkenden Canal ziehen. Dort fallen sie in einen noch tiefer gelegenen, neben der Mittelaxe der Halle unter allen Giessgruben hinwegführenden Längscanal, aus dem wiederum in jeder Giessgrube ein etwas höher liegender Quercanal gespeist wird.

In der Decke dieses Quercanals befinden sich verschliessbare Oeffnungen, aus denen die Gase in die einzelnen darüber hängenden Röhrenformen geführt werden können. Der Anschluss hierbei geschieht mit kurzen Blechstutzen und der Verschluss der nicht gebrauchten Auslässe mit Blechdeckeln, die einfach aufgesteckt werden. Die Gase ergeben bei richtiger Darstellung durchaus keine Explosionsgefahr und vermögen, namentlich wenn der Apparat schon einige Tage geht und warm geworden ist, auch in den Formen selber keinen erheblichen Schaden anzurichten.

Eine etwas kostspieligere, aber elegantere und durchaus ungefährliche Trocknung enger Röhrenformen, ist die durch einen heissen Luftstrom. Man bläst mit einem Ventilator oder mit einem Kapselrad einen Windstrom durch einen kleinen Winderhitzer und von da in einen unterirdischen gemauerten Canal, auf den die Formen zu stehen kommen. Stutzen, mit Drosselklappen versehen, bezeichnen die Standorte der Formkasten und sobald die letzteren darauf sich befinden, lässt man durch Oeffnen der Drosselklappe den Wind ein, der die oben lose zugedeckte Form gehörig ausfüllt und dann rasch austrocknet. Diese Methode wirkt entschieden am energischsten und soll sich auch in ökonomischer Hinsicht bei sehr grossen Betrieben ganz vortheilhaft machen.

4. Kapitel.

Apparate und Geräthe zum Heben und Transportiren der Formen und Formbestandtheile.

§ 193. Zum Betrieb der Giessereien gehört auch eine mehr oder minder grosse Zahl von verschieden kräftigen Hebevorrichtungen, weil bei dem Manipuliren der Förmereiarmaturen, sowie der Theile fertiger Formen die Grenzen der Handarbeit sehr rasch erreicht sind und weil eine ohne solche Vorrichtungen bestehende Giesserei sich auf die allerkleinsten Artikel beschränken müsste und jeden Tag in die Lage kommen könnte, gute Arbeiten abzuweisen.

Die Hebevorrichtungen, deren sich die Giessereien bedienen, gehören meist in die Klasse der Winden und der Krahne, wobei auch noch Rollenverbindungen oder Flaschenzüge auftreten, um die Wirkung zu verstärken.

Die gebräuchlichsten Apparate hiervon sind die Krahne, wovon ja bestimmte Bauarten als Giessereikrahne bezeichnet zu werden pflegen und gewöhnliche Artikel des Maschinenbaues bilden. Die Winden kommen bei dem Giessereibetrieb nur in der Form fahrbarer oder sogenannter Brückenwinden vor und bieten trotz mannigfaltiger Vorzüge, doch für die einfacheren Bedürfnisse der Giessereien nicht immer die Vortheile der Krahne, wesshalb die letzteren sehr verbreitet sind.

A. Von den Krahnen.

§ 194. Die Krahne (früher Kraniche) sind nach Weissbach's bekanntem Ausdruck (Ingenieur- und Maschinenmechanik III, S. 473, § 224 der 1. Auflage) das vorzüglichste Hilfsmittel, um grössere Lasten auf kleineren Wegen, in horizontaler und in verticaler Richtung fortzuschaffen.

Der Hauptheil eines Krahns ist eine stehende Welle, durch deren Drehung die Lasten in horizontaler Richtung fortgeschafft werden. Zum Heben und Niederlassen der Last ist mit dieser stehenden Welle eine liegende Radwelle verbunden, auf der die Kette oder das Seil, welche die Last tragen, zu liegen kommt.

Die horizontale Bewegung der Last erfolgt kreisförmig; der Kreis ist umso grösser, je länger der Krahnarm oder der Schnabel des Krahns construirt ist: je weiter also der Aufhängepunkt der Last von der Axe der drehenden Welle sich befindet.

Bei älteren Krahnen lag dieser Aufhängepunkt fest und man konnte in Folge dessen mit der Last nicht nach jedem beliebigen Punkte hin; bei neueren Krahnen ist der Aufhängepunkt veränderlich und gilt dies besonders für die Giessereikrahne, weil dann jeder Platz der Hüttensohle um so eher benutzt werden kann, je mehr sich der Weg des Aufhängepunktes verändern lässt.

Das Bewegen der Krahne, insbesondere noch das Aufziehen und Niederlassen der Lasten mit Hülfe der an ihnen angebrachten horizontalen Radwelle erfolgt noch vorwiegend von der Hand.

Für grosse beschäftigte Anstalten in Gegenden mit hohen Löhnen bedient man sich indess auch der Wasser- und Dampfkraft und hat Wassersäulen- und Dampfkrahne im Gebrauch; daneben funktioniren für den leichteren Betrieb oft genug noch Krahne mit Handbewegung.

§ 195. Für die Anlage und die Disposition von Krahnen innerhalb der Giessereien lässt sich folgendes als verwerthbar aufstellen.

Da der Krahn sowohl oben als unten durch Zapfen festgelagert werden muss, ist für die feste und unnachgiebige Lagerung der Krahnaxenzapfen rechtzeitig Sorge zu tragen. In der Hüttensohle muss an der betreffenden Stelle ein hinlänglich massives Fundament vorgesehen sein, auf welchem dann die eiserne Zapfenlagerplatte befestigt und mit tiefgehenden Ankerschrauben angezogen werden kann. Da diese Fundamentirung nirgends stört, indem die Hüttensohle in der unmittelbarsten Nähe der Krahnsäule doch der Benutzung (als Förmereiherd etc.) entzogen wird, so kann jeder Zeit eine derartige Fundamentirung angebracht werden.

Etwas anderes ist es mit dem Oberzapfen, da das Gebälk des Dachstuhls an den betreffenden Stellen besonders haltbar gemacht sein muss, wenn die Krahnsäule nicht an anderen Theilen des Oberbaues befestigt werden soll. Bei älteren Anlagen geschah das letztere nie und es wurden die Krahnzapfenlager stets an den besonders stark construirten und noch seitlich besonders abgespreizten Unterzügen des Dachstuhls befestigt.

Diese Anordnung hat den Fehler, dass ein sehr schwerer Dachstuhl entsteht, welcher nur mangelhaft Licht und Luft durchlässt und welcher auch, da solche ältere Bauten meist von Holz sind, die Feuersgefahr steigert. Man wird auch zu leicht geneigt, bei dem später etwa erforderlich werdenden Einbau von Krahnen, sich mehr von der Rücksicht auf die Dachstuhlconstruktion als auf die gegenseitige richtige Lage der Krahne selbst leiten zu lassen.

Um in dieser Hinsicht vollständig freie Hand zu behalten, ist es besser, die oberen Krahnlager an eisernen Trägern zu befestigen, welche gleich von Anfang an in die Wände der Giesserei eingelegt worden sind. Durch gegenseitige Verbindung mit Breiteisen, Winkeln etc., durch Anbringen von Zugstangen etc., kann man die Lagerplatten der Krahnaxen so unbeweglich und sicher machen als erforderlich und der Dachstuhl kann dann luftig und leicht darüber hinaussteigen.

Man vergleiche die Lehmförmerei in Seraing oder auf den Schwarzkopf'schen Werken in Berlin mit den alten Ateliers und wird den Unterschied sehr rasch herausfinden.

Die Einrichtung mancher Stahlhütten kann hierin zum Muster dienen, wo ja doch auch vielfach die Krahne nach oben hin verlängert und befestigt werden müssen, wie bei der auf Taf. XXV d. Bds. dargestellten Anlage: Vulcan Iron works bei St. Louis.

Kleine Werke verfahren meist einfacher und müssen es auch; aber dort steht gewöhnlich der einzige Krahn in der Mitte des Raums und es kann darnach auch eine praktische Dachstuhlconstruktion ohne unnütze Massenentfaltung ausgesucht und ausgeführt werden.

§ 196. Das technische Bedürfniss der Giessereien nimmt hinsichtlich der Aufstellung der Krahne hauptsächlich nachstehende zwei Gestaltungen an.

Einmal ist zu verlangen, dass eine Reihe von Krahnen den Arbeitsraum einer Giesshütte gleichmässig beherrsche, wobei sie ohne sich von einander zu isoliren, doch in der Bewegung sich nicht stören dürfen. Die Wege der Aufhängepunkte zweier benachbarter Krahne müssen sich deshalb schneiden, nicht blos berühren. Haben die Krahne veränderliche Aufhängepunkte für die Last, so kann man die mittleren Bewegungskreise als Ausgang für die Construktion nehmen und lässt die Kreise sich berühren. Wird diese Einrichtung genau durchgeführt, so verkleinern sich die vom Krahnbetrieb unbenutzten Flächen und die Ecken des Arbeitsraumes auf das äusserste Minimum, lassen sich aber zur Aufstellung von Formbänken und Formtischen ganz gut benutzen.

Die andere Gestaltung des technischen Bedürfnisses wird durch Specialanwendungen bei sehr starken Krahnen bedingt. Werden in den Arbeitsräumen für die Herstellung schwerer Gussstücke mehrere Krahne gebraucht, so ist darauf zu sehen, dass dieselben einerseits die Dammgruben, andrerseits die Zugänge zu den Darrkammern, endlich auch noch die Ausgänge der Werkstatt beherrschen. Natürlich kann dies alles nicht durch einen Krahn besorgt werden, sondern nur durch eine Gruppe zusammenwirkender Einrichtungen dieser Gattung.

Da bei manchen dieser schwereren Arbeiten auch mit Giesspfannen gegossen wird, müssen die Krahne auch die Oefen, beziehungsweise die Abstichstellen vor den Oefen beherrschen und bestreichen können. Im Allgemeinen stellt man Krahne von so weitgreifender Wirkung in der Mittelaxe des Gebäudes auf, damit sie sich frei umdrehen können und rückt sie gegenseitig so nahe aneinander, dass die Ausleger des einen am Stamm des nächsten vorbeikommen. Ausnahmsweise wählt man auch wohl eine andere Aufstellung, wenn eben der Fall eintritt, dass Darrkammerthür, Dammgrube und Abstichplatz gleichzeitig zu berücksichtigen sind. Dann rückt man den Aufstellungspunkt des Krahns mehr aus der Mittellinie der Halle nach der Ecke zu und muss darauf verzichten, ihn ganz umdrehen zu können.

Seine Bahn wird natürlich nur zwischen 90 und 270° betragen, aber trotzdem wird die Vorrichtung sehr stark ausgenutzt, da so Vielerlei zu erledigen ist.

Ganz verkehrt ist es, zwischen zwei auf der Mittellinie der Halle stehenden Krahnen, die ursprünglich frei manipuliren konnten, einen dritten so einzubauen, dass nicht allein er nur an der einen Seite sich beengt bewegen kann, sondern dass auch die beiden Nachbarn nicht mehr vollkommen frei rotiren können. Es lag früher in einer oberschlesischen Giesserei ein solcher Fall vor, wo zur Unterstützung des einen Krahns beim Einsetzen und Ausheben schwerer Stücke, ein zweiter eben solcher in der Nähe aufgestellt wurde, statt den ersten ganz auszuwechseln und durch einen weit stärkeren zu ersetzen.

Kleinere Krahne zur Bedienung eines Formplatzes werden meist an die Wand oder an Säulen zur Seite der Halle anzuhängen sein; sie dürfen die Bewegung der grossen Krahne nicht stören und sind deshalb mit nur geringer Ausladung zu construiren. Man findet sie vielfach in Combination mit Brückenkrahnen oder Winden, weniger als Hülfsmittel der grossen gewöhnlichen Krahne.

§ 197. Die Construktionsdetails der Giessereikrahne unterscheiden sich nur ganz unwesentlich von den bei Krahnen, die zu anderen Zwecken bestimmt sind, üblichen.

Für das Vorgelege, d. h. die Getriebegruppe zur Uebertragung der Bewegung von der Kurbelwelle auf die Seiltrommel, hat sich die Wiederholung eines Getriebepaares mit dem Umdrehungsverhältniss von je 1 : 6, im Ganzen also von 1 : 36, als für die meisten mittleren Fälle ausreichend herausgestellt.

Steckt man die Kurbeln auf die erste Welle, so arbeitet man mit 36facher Uebertragung, also rascher und benutzt diese Veränderung der Arbeit bei dem Auf- und Abrollen des Seils vor dem Befestigen der Lasten oder nach dem Ablösen derselben. Auch zum Niedersetzen geringerer Belastungen kann man den rascheren Gang benutzen, wiewohl das immer bedenklich ist, da leicht ein Missbrauch eintreten kann.

Natürlich ist jedes andere Umsetzungsverhältniss, was dem genannten nahe kommt, bei der Anordnung eines Krahnvorgeleges anwendbar; der gleichmässigen Abnutzung halber ist sogar ein anderes Verhältniss noch besser, bei dem die Zahnzahlen nicht ineinander aufgehen, z. B. 7 : 41 für die erste, 9 : 53 für die zweite Umsetzung.

Für den Handbetrieb der Krahne kommt es sehr darauf an, die erste Welle, an der die Kurbeln beim Heben, bezw. Senken der Last stecken, in einen solchen Abstand von der Hüttensohle zu legen, dass der Arbeiter mit vollster Kraft an derselben thätig sein kann; der Abstand darf deshalb nur zwischen 0,7 und 1,00 m schwanken. Für die bequeme und vortheilhafte Handhabung der Kurbelwelle ist weiterhin erforderlich, dass die Hüttensohle in der nächsten Umgebung des Krahnes entweder gepflastert oder mit geriffelten Platten fusssicher belegt wird. Die früher besonders in alten finsteren Giesshallen vielfach beobachtete Gewohnheit, in der Nähe des Krahnfusses, als an einer sonst wenig benutzten Stelle, Formkasten, Formbretter, Spreizen wegzustellen, selbst Betriebsabfälle und Unrath aufzuhäufen, erklärt sich nur aus einem schwachen Gebrauch der Krahne selber, ihrer schlechten Aufstellung und dem Bestreben der Arbeiter, sich so viel wie möglich ohne Krahne zu behelfen.

Bei wohlorganisirten Betrieben, weiter, geräumiger Bauart der Werkstätten und scharfer Aufsicht fallen solche Unregelmässigkeiten von selbst fort.

§ 198. Von den einzelnen Theilen der Krahne ist noch besonders der Flaschenzug zu erwähnen, an dessen Bauart im Interesse der Bequemlichkeit des Krahnenbetriebes einige kleine Anforderungen zu machen sind.

Um die möglichste Ausnutzung des Krahns in räumlicher Hinsicht zu bewirken, benutzt man in Giessereien vorwiegend die Flaschenzugkloben mit nebeneinander gehängten Rollen und hat die Kloben mit übereinander gehängten Rollen fast ganz verworfen. Dadurch kann man die Last sehr viel höher heben, bezw. man kann viel höher dimensionirte Lasten angreifen und aufstellen, als wenn man bei unveränderter Säulenhöhe des Krahns die ältere Flaschenzugconstruktion beibehalten hätte.

Die Potenzenzüge sind aus diesem Grund bei Krahnen für Giessereizwecke niemals zur Anwendung gekommen und in vielen Fällen hat man sogar die Verbindung mehrerer gleichgrosser Rollen in einem Kloben aufgegeben und arbeitet nur mit einer Lastrolle und darumgeschlungenem Tau oder Kette. Der bei solcher Combination ausbleibende Effekt muss durch andere Uebertragungsverhältnisse im Räderwerk des Vorgeleges wieder eingebracht werden, wie ein bekannter Krahn der Wasseralfinger Eisengiesserei in Württemberg sie zeigt, d. h. 1 : 7 und 1 : 8, bei einer Lastgrösse von 15 Tonnen (300 Centner).

Solche vereinfachte Combinationen haben noch den Vorzug, dass sie die Dauerhaftigkeit der Taue und Ketten weniger beanspruchen als zusammengesetztere Rollenzüge, bei denen sich die Taue und Ketten leicht aneinanderreiben, namentlich, wenn, wie es beim Zusammensetzen fertiger Formen leicht eintreten kann, der untere Kloben gegen den oberen gedreht werden muss, um der Last selbst eine ganz bestimmte Lage zu geben. Die hin- und hergehenden Taulagen wickeln sich dann umeinander und werden in einer bedenklichen Weise in Anspruch genommen.

§ 199. Die Frage, ob für den Krahnbetrieb der Giessereien Ketten oder Taue vorzuziehen seien, hat von jeher die betreffenden Ingenieure beschäftigt und aus dem Umstand, dass noch heute beide Transmissionstheile nebeneinander bestehen, lässt sich schliessen, dass die Frage noch nicht als gelöst anzusehen ist.

Versuche der englischen Admiralität, welche von Weisbach vielfach citirt und besprochen worden sind, ergaben für gleiche Leistung, d. h. für die gleiche Zerreissfestigkeit, höhere Preise für die Ketten als für die Taue.

Jetzt stehen sich die Verhältnisse wohl anders gegenüber, weil die Fabrikation guter und auf starke Lasten geprüfter Ketten besser ausgebildet und billiger geworden ist — indessen haben bekanntlich gerade in neuester Zeit aus anderen vegetabilen Substanzen angefertigte Transmissionstheile, z. B. Baumwollenseile, Baumwollentreibriemen etc. ganz ausserordentliche Leistungen aufzuweisen gehabt, selbst Metallseilen sowie Riemen aus Leder und Guttapercha, bezw. Gummi gegenüber.

Was besonders im Giessereibetrieb als reinpraktisches Moment bei der Wahl des Transmissionsmaterials in Frage kommt, ist der Unterschied eines Seiles und einer Kette beim Zerreissen.

Zerreisst durch zu starke Belastung oder durch irgend einen anderen Umstand ein Krahnseil, so ist es in den meisten Fällen möglich, die Last, ohne besondere Gefahr abzusetzen; da der Fall äusserst selten ist, dass alle Litzen oder Fäden gleichzeitig zerreissen. Bei einiger Aufmerksamkeit gelingt es, sobald das Seil gut im Auge behalten ist, dieses Niederlassen ohne Unglücksfall zu bewirken.

Eine Kette dagegen reisst meistens plötzlich, auch ist selbst für den Fall des seitlichen Bruches eines der Glieder und des Auseinanderbiegens und Streckens, der plötzlich eingetretene Schaden schwerer zu erkennen und die Gefahr schlimmer abzuwenden.

Aus diesem Grunde empfiehlt es sich vielleicht für leicht zu belastende aber viel gebrauchte Krahne — Ketten, für alle starken Krahne, die grosse Lasten längere Zeit schwebend erhalten müssen, — Taue anzuwenden.

§ 200. Der Aufhängepunkt der Last wird, im Fall er beweglich sein soll, durch den Schlitten oder die Katze repräsentirt, welche auf dem Ausleger des Krahns sich hin- und herschieben oder rollen lässt.

Ein Kloben, welcher mittelst hinlänglich grosser Rollen auf der oberen Fläche des Krahnarmes gleitet und an welchem zwischen den beiden Trägern, die jene Krahnausleger bilden, der den Aufhängepunkt für den Flaschenzug bildende Ring oder Haken herabhängt, ist die einfachste Form einer solchen Vorrichtung. Oft ist es ein wirklicher Wagen, namentlich bei schwerer Belastung, und es wird dann die Bewegung desselben durch eine Zahnstange und ein an der Krahnsäule befestigtes, von unten her bewegliches kleines Getriebe vermittelt.

In anderen Fällen vermittelte man die Hin- und Herbewegung durch eine lange Schraubenspindel, auf der eine an der Katze oder dem Wagen seitlich befestigte Mutter sich hin- und herschob, sobald die Spindel gedreht wurde.

Diese beiden Transmissions-Einrichtungen für die Bewegung der Laufkatze sind nicht praktisch, weil sie sich leicht voll Staub setzen und dann schlecht funktioniren und weil sie sich überhaupt schlecht und nur langsam bewegen lassen.

Am einfachsten ist die Anwendung eines Seil- oder Kettenrades an der einen Axe der Laufkatze; das Treibseil ohne Ende hängt soweit herab, dass es bequem erfasst werden kann und wird nach geschehener Bewegung an einem in den Krahnstamm geschlagenen Haken aufgehängt.

Bei Dampfkrahnen ist eine etwas andere Bewegung der Katze möglich durch eine aus- und einrückbare Auf- und Abwickelung einer Gliederkette, die am Stamm hinauf und auf dem Ausleger bis vorn vorläuft. Um das Gleiten zu verhindern, ist überhaupt die Einschaltung der Katze in eine Zugkette oder ein Seil ohne Ende zweckmässig, welches am Ende des Auslegers, wie am Stamme über Rollen läuft und mässig gespannt zu halten ist.

Eigentliche Details über Krahnconstruktionen sind hier nicht zu geben; Hauptsache für Giessereibetrieb bleibt immer Einfachheit der Construktion, Vermeiden aller gegen Staub und Schmutz empfindlicheren Theile, Zugänglichkeit und Auswechselbarkeit der empfindlicheren Elemente und eine gewisse solide Ausführung und grössere Leistungsfähigkeit. Beispiele für Krahne werden fast in allen Lehrbüchern und Sammlungen für den Maschinenbau gegeben und finden sich auch in Werken über den Eisengiessereibetrieb und das Eisenhüttenwesen. (Vergl. Dürre, Eisengiessereibetrieb I, S. 675 u. ff. — F. Cohn, Iron and Steel Manufacture 1867.)

B. Winden und Brückenkrahne.

§ 201. Wenn man die einfache, von der Hand oder durch Transmission betriebene Winde fahrbar, d. h. beweglich macht, so dass sie bald den einen, bald den anderen Punkt des Arbeitsraumes beherrscht, erhält man eine zum Giessereibetrieb ebenfalls brauchbare Vorrichtung. Die Beweglichkeit

kann eine beschränkte und eine unbeschränkte sein. Fährt die Winde auf einer, den Raum an einer Stelle überspannenden Brücke hin und her, so wird die Winde nur einen schmalen Streifen der Hüttensohle, welcher durch die Projektion der Brücke gebildet wird, beherrschen und für denselben thätig sein können. Es würde eine derartige Anlage sich nur dann ausnutzen lassen, wenn es sich um eine grössere Anzahl von Formen handelte, welche auf einem so engen Raum zusammengedrängt behandelt werden könnten. Dies ist thatsächlich bei der Röhrengiesserei der Neuzeit der Fall, wo die Formen gleichen Durchmessers reihenweise nebeneinander stehen und wo jede Reihe von einer Windenanlage beherrscht wird.

Ist für einen grösseren Förmerei- und Giessraum, wo die Formen bald hier, bald dort stehen, eine Windenanlage projektirt, so muss auch die Brücke fahrbar gemacht werden und man erhält dann eben die unbeschränkte Beweglichkeit einer solchen Windenanlage.

Beide Fälle haben ihre Berechtigung, wie die Erfahrung gelehrt hat; sobald die Vorrichtung ununterbrochen thätig ist und sobald sie alle Arbeit, zu welcher ihre Hilfe unentbehrlich ist, leistet, ohne auf sich warten zu lassen, ist sie am Platze. Unter diesem Gesichtspunkt allein ist auch die vieldiscutirte Frage zu beurtheilen: sind Drehkrahne oder Brückenwinden beim Durchschnittsbetrieb einer Giesserei vorzuziehen? Es wird sich schwerlich eine Schablone ausfindig machen lassen, nach der die Entscheidung zu treffen ist, sondern es wird wesentlich auf die praktische Erfahrung ankommen. Ein wenig beschäftigter Drehkrahn in einer kleinen Eisengiesserei wird sich ohne Beschwerlichkeit durch einen Laufkrahn ersetzen lassen, weil dessen Inanspruchnahme doch nur ausnahmsweise und für die seltener vorkommenden Stücke schweren Calibers geschieht. Sobald man aber glaubt, mehrere Drehkrahne durch einen Laufkrahn ersetzen zu können, der den ganzen Raum überspannt, wird man sicherlich die Erfahrung machen, dass häufig Aufenthalt entsteht und dass einer auf den anderen warten muss, weil auch die Leerreisen der Brückenwinde von einem Verwendungsort zum anderen viel Zeit in Anspruch nehmen. Auch das Aus- und Einbringen der Formkasten, das Transportiren von Eisen und Gusswaare, Formsand etc., also verschiedene Transporte von allgemeiner Wichtigkeit, welche sofort dem Laufkrahn zufallen, während die Drehkrahne ihrer nur beschränkten Wirksamkeit halber damit weniger und ganz ausnahmsweise befasst wurden, schmälern den Nutzen, den die einzelne Arbeitergruppe von der Krahnbenutzung hat.

Der Ersatz der Drehkrahne durch Brückenkrahne muss ein ausreichender, d. h. die Zeitverluste in der Bewegung des ganzen Krahns vollkommen ausgleichender sein, namentlich, wenn die Bewegungen von Hand erfolgen sollen.

§ 202. Einfache Brückenwinden für kleinere Werkstätten mit sparsamer Benutzung der Krahnhilfe überhaupt, sind mehrfach abgebildet und beschrieben. Ihre Muster waren anfänglich die Montirungskrahne grösserer Maschinenbauanstalten, bis mit zunehmender Anwendung in dem Eisengiessereibetrieb sich allerlei Veränderungen als nothwendig herausstellten.

Einen sehr brauchbaren und lange Jahre als Giessereikrahn unausgesetzt thätigen Apparat dieser Art, von W. Wedding construirt, beschrieb der Verfasser in seinem Handbuch des Eisengiessereibetriebes I, S. 694 nach den Publikationen der „Hütte“ 1860, 2 a. b. Die Bühne oder Brücke besteht aus zwei hochkantig gestellten Holzbalken, die an der Unterseite durch ein Sprengwerk mit gusseisernen Stützen und eisernen Zugstangen verstärkt sind. Die Enden beider Balken sind durch Schuhe und zwei Querhölzer verbunden, die zusammen das jederseitige Fahrgerüst der Brücke darstellen und deshalb auch die Vorgelege zur Bewegung des ganzen Krahnes tragen.

Die Bewegung überträgt sich von einer Kettenscheibe und einer Getriebeübersetzung auf die Axe der Fahrräder, welche gleichen Durchmesser wie die Kettenscheibe besitzen. Das Uebersetzungsverhältniss der Getriebe ist $\frac{6,5}{38,0}$ und beide Vorgelege sind durch eine längs des Krahns hinlaufende Wellenleitung mit einander verbunden, um einen recht gleichmässigen Betrieb beider Mechanismen zu haben.

Die auf der Brücke hin- und herlaufende Winde besteht aus einem Fahrgerüst mit 4 Rädern, die denselben Durchmesser haben wie die Fahrräder der Brücke und durch eine, mittelst Getriebeübertragung von $^{13}/_{76}$ auf die Fahrräder wirkende Kettenscheibe bewegt werden. Von beiden, das Fahren besorgenden Kettenscheiben hängen die Ketten (ohne Ende) nach dem Arbeitsraum herab und sind bequem zu fassen.

Die Hebevorrichtung ist originell und besteht aus zwei Kettentrommeln, die sich lose auf den Axen der Fahrräder drehen und mit je einem grossen Schneckenrade in fester Verbindung sich befinden. Die beiden Schnecken, welche sich entgegengesetzt drehen müssen, werden mittelst Conusübersetzung von einer im Mittel der beiden Trommeln lagernden Betriebswelle aus bewegt, auf welcher Letzteren die Kettenscheibe sitzt, welche den Betrieb vermittelt. Das Verhältniss der Umdrehungszahlen zwischen den (mit der Betriebswelle gleich schnell laufenden) Schnecken und den Kettentrommeln ist 1 : 57, wozu noch das Verhältniss 2 : 3 der Durchmesser von Kettenschraube und Trommel wirksam eingreift sowie das

Vorhandensein eines Flaschenzugs mit zwei Kloben zu drei Rollen, welcher die Arbeit abermals um das 6fache vermindert. Es hat sich diese Einrichtung (sowie andere nach demselben Modell) in der namhaft gemachten Berliner Werkstatt vollkommen bewährt und zu keiner Ausstellung oder häufigeren Reparatur Veranlassung gegeben.

§ 203. Einen anderen einfachen, hauptsächlich von Holz erbauten Laufkrahn der Königin Marienhütte beschreibt der Verfasser in seinem Eisengiessereibetrieb I, S. 693. Hier besteht die Bühne aus vier hochkantig gestellten Holzbalken, welche an den Enden in den gusseisernen Lagerstuhl für die Laufräder der Bühne eingelassen und mit demselben fest verschraubt sind. Die beiden innersten Holzbalken tragen die Laufschienen für die Winde, deren Ketten in dem Zwischenraum herabhängen.

Die ganze Bühne bewegt sich (doch nur an einer Seite) mittelst eines Vorgeleges und es ist die eine Räderwelle deshalb unter dem ganzen Krahn, viermal gekuppelt, durchgeführt worden. Das Umsetzungsverhältniss dieses Vorgeleges ist 15:60, wie auch das Umsetzungsverhältniss für die Hin- und Herbewegung der Winde auf der Bühne. Beide Bewegungen geschehen von Hand und ist der Kurbelhalbmesser dabei ungefähr gleich dem Fahrräderhalbmesser.

Die Last hängt an einem Flaschenzug von sechs Rollen (in zwei Kloben) dessen Seil sich auf eine ca. 0,5 m starke Trommel aufwickelt, während der Kurbeldurchmesser wohl auf 0,75—0,80 m zu veranschlagen ist. Die Uebersetzung von der Kurbel- zur Trommelwelle ist nur aus zwei Räderpaaren mit den Zahnzahlen 12:72, also im Gesammtverhältniss der Uebersetzung von Kraft und Bewegung wie 1:36, zusammengesetzt.

Unter Hinzurechnung der Flaschenzugswirkung ergibt sich mithin ein genügendes Uebertragungsverhältniss. Bei späterer, stärkerer Inanspruchnahme dieser Krahnanlage, musste die Bühne, was anfänglich nicht dringend nöthig war, durch untergelegte Sprengwerke verstärkt werden.

Ein ähnlicher Krahn ist noch der auf der Bayenthaler Actiengiesserei zu Cöln funktionirende Laufkrahn, den die „Hütte" 1868, 1 d. publicirt hat. Nur läuft hier der Krahn, statt wie sonst auf einem Mauervorsprung, auf einer aus zwei T-Eisen zusammengesetzten Bahn, welche an Consolen der Säulen der Mittelhalle befestigt sind.

Eine grosse Sammlung verschiedener Laufkrahne kann man in den Arbeitsräumen der Gruson'schen Eisengiesserei, Buckau-Magdeburg (siehe Plan Fig. 45, S. 143) funktioniren sehen. Im Raum a, der Giesshalle für Maschinen- und Geschossguss, laufen in fast jeder der 16 Hallen Laufkrahne von grösserer und geringerer Stärke. Die ganze auf Säulen ruhende Construktion ist darauf von vornherein eingerichtet worden und gleich zu Anfang zählte man gegen 16 im Dienst befindliche Laufkrahne von naturgemäss nicht bedeutender Spannweite.

Der Raum b, für das Giessen der Panzer, wird durch zwei Dampfkrahne beherrscht, ebenso der Raum g, der zum Bearbeiten und Montiren dient. Derartige Anlagen, in welchen die Brückenkrahne so ausschliesslich auftreten, sind nicht häufig; die erste Anlage ist etwas theuer, aber die Raumausnutzung, die Uebersichtlichkeit machen sich beim ersten Blick in einer solchen Werkstatt auf das Deutlichste bemerkbar.

Weitere Beispiele solcher einfachen Brückenkrahne sind hier nicht zu geben, nur der Krahne mit Anwendung von Transmissionsbewegung von einer festen Maschine ist hier noch zu gedenken.

§ 204. Einen solchen Krahn mit Transmissionsbewegung beschreibt F. Cohn in seinem Werke über Eisen und Stahl — woselbst, Taf. 18, die dazugehörige Zeichnung sich befindet.

Dieser Brückenkrahn wird mit Dampfkraft betrieben und stammt aus der North foundry von Sampson Moore, Liverpool. Das treibende Element besteht in einem endlosen Tau, das sich von einem Ende der Werkstätte zum anderen ausspannt und an einem Ende über eine festgelagerte grosse Seilscheibe, am anderen über eine bewegliche Rolle läuft, deren Axenlager in einem Rahmen hin- und hergeschoben und durch ein Gewicht regiert werden können, so dass man das ganze Seilsystem in gleichmässige Spannung bringen kann. Auf der festgelagerten Welle sitzen los und fest die Riemscheiben der Haupttransmission (von der Maschine her). Eine grössere Anzahl von kleineren Führungsrollen hindert die Drehung des Seils durch das eigene Gewicht und gibt die erforderliche Genauigkeit des Ganges. Das untere Trum der Seilschleife passirt ein an der einen Stirnseite des Brückengerüstes befindliches Rollensystem, das aus vier grösseren Betriebsrollen, sowie zwei Führungsrollen besteht. Da das Seil durch die Rollenreihe durchgeschlungen wird, erhält jede der grösseren Rollen eine entgegengesetzte Bewegung als wie die beiden nächstliegenden.

Mit diesen Rollen sind Friktionsrollen in der Weise fest verbunden, dass sie sich continuirlich drehen, wenn das endlose Seil in Bewegung sich befindet, also auch abwechselnd rechts und links, wie die vom Seil bewegten Rollen selber.

Unter den genannten Friktionsrollen liegen beweglich in elliptischen Lagerschalen drei kleine Friktionsrollen, welche durch diese Beweglichkeit bald mit der einen, bald mit der anderen der grösseren Friktionsrollen in Berührung kommen können.

Dadurch, dass man diese Berührung nach Willkür einrichtet, kann man jede der drei Rollen verschieden drehen und geschieht die zugehörige Steuerung mittelst eines dreifachen Hebelsystems, das an einem Ende der Bühne zusammenführt, wo die Lenkhebel mit ihren Handgriffen, einem Steuermann zugänglich, nebeneinander stehen.

Jede der drei Friktionsrollen trägt eine mit einem Universalgelenk versehene, weiterhin aber fest eingelagerte Betriebswelle, von denen die beiden äusseren längs der ganzen Bühne entlang führen und durch bewegliche Lagerständer unterstützt werden.

Diese beiden letztgenannten Axen wirken mittelst sich verschiebender conischer Getriebe auf die Triebwerke der fahrbaren Winde, die eine noch durch eine verstellbare Schnecke auf die Bewegung der Winde selbst.

Die mittlere Winde wirkt durch zwei conische Getriebe auf eine schrägliegende Schnecke, welche ein auf der einen Laufradaxe befindliches Schneckengetriebe bewegt.

Einen zweiten ähnlichen, nur mit Kettenrollen arbeitenden Krahn beschreibt F. Cohn aus der Fabrik von John Fowler & Co. in Leeds; das Betriebsseil ist ein stählernes Drahtseil, $^5/_8$ englische Zoll dick und wird gepackt durch Friktionsscheiben mit rinnenartig eingeschnittenen Holzkämmen an der Peripherie.

Eigentliche Gerüstkrahne, wie sie Guettier noch für Giessereien beschreibt, kommen wenig mehr vor (vergl. Dürre, Eisengiessereibetrieb I, S. 691).

Vierter Abschnitt.

Von den Anlagen, Apparaten und Geräthen zum Giessen.

§ 205. Die hierhergehörigen Dinge beziehen sich zum Theil auf das Unterbringen der fertigen Giessformen beim Guss selbst, zum Theil auf den Transport und die Leitung des flüssigen Eisens im Verlauf der Giessereioperation.

Zur ersten Gruppe gehören die etwa besonders ausgestatteten oder hergerichteten Giessplätze, Giessgruben und Dammgruben, während die zweite Gruppe aus den Giessgefässen, den Sümpfen und Reservoiren sowie den etwaigen Giessrinnen besteht.

Manche der in beide Gruppen gehörige Einrichtungen sind nur provisorischer Natur und werden wie die Formen zu jedem grösseren Guss besonders hergestellt; sie bestehen dann vorwiegend auch aus aufgestampftem Sand oder aus Lehm und Masse, wie die Formen selber und beanspruchen selten besondere Armaturen bleibender Natur.

Die übrigen als wirkliche Construktionen anzusehenden und zu behandelnden Gegenstände und Anlagen, sind wesentlich nur die Dammgrubenanlagen und die Giessvorrichtungen.

1. Kapitel.

Von den Dammgrubenanlagen.

§ 206. Die Dammgrubenanlagen werden erforderlich durch die Nothwendigkeit, dem in die Form zu leitenden Gussmaterial ein gewisses Gefälle und einen gewissen Druck zu geben und bestehen meist aus besonderen in der Hüttensohle eingelassenen und theils aus Mauerwerk, theils aus Metall, theils auch aus Combinationen beider errichteten Reservoiren.

Für gewöhnlichere und kleinere Stücke gräbt man einfach die Formen in die Hüttensohle ein und viele Giessereien thun das auch bei grösseren Stücken, wenn die Nothwendigkeit nicht oft und wiederholt auftritt, sondern nur ab und an schwere Stücke zum Abguss kommen.

Man würde sowohl diese provisorischen als auch die bleibenden, permanenten Dammgrubenanlagen entbehren können, wenn nicht manche Formen, z. B. die Lehmformen ausser ihren Armaturen noch des Haltes des gegen die äusseren Formwandungen gestampften Sandes bedürften, um vom Eisen nicht auseinandergedrückt zu werden und wenn bei Aufstellen und Abgiessen der Formen auf und über der Hüttensohle die Aufzugshöhe des Giesskessels nicht eine zu bedenkliche würde, so lange nicht besondere Vorrichtungen, wie bei den neueren Röhrengiessereien getroffen sind, um das Abgiessen der Formen in eine vollkommen getrennte Etage zu verlegen. Auch das Vorhandensein bestimmter lokaler Verhältnisse zwingt häufig zu eigenthümlicher Behandlung der Dammgrubenfrage.

§ 207. In seinem Handbuch des Eisengiessereibetriebes I, 2. Auflage, S. 768 u. ff. hat der Verfasser die ganzen einschlägigen Fragen an der Hand einer sehr vollständigen Darstellung von R. Mallet (Practical Mechanics Journal, Serie III, Vol. 2, S. 301 u. ff.) besprochen und ergeben sich daraus folgende wesentliche Sätze.

In Betreff der gewöhnlichen provisorischen, jedes Mal neu aufzugrabenden, sogenannten nassen oder feuchten Gruben ist zu bemerken, dass ihre Benutzung nur gerechtfertigt ist, wenn sie seltener gebraucht werden, da das wiederholte Auswerfen und Zuwerfen zu viel Zeit beansprucht, um bei einer häufigeren Benutzung nicht schliesslich zu kostspielig zu werden. Dieselben theilweise offen zu lassen, um an Zeit und Arbeit zu sparen, geht aus Sicherheitsgründen nicht immer an, auch nimmt der um die Grube aufgeworfene Sandwall zu viel Platz in Anspruch, um bei geregeltem Betrieb liegen gelassen werden zu können.

Da es eine durch die Erfahrung bestätigte Thatsache ist, dass unter den vielgestaltigen Formen und Grössen der Lehmgussstücke (um die es sich hier in erster Linie handelt) die in der Breite mächtigen und starken, selten eine bedeutende Höhe haben, hingegen umgekehrt diejenigen, welche eine grosse Tiefe der Gruben beanspruchen, meist von geringerem Durchmesser sind, so muss eine Dammgrube von beispielsweise 8—9 m Durchmesser und 8—9 m Tiefe allen Anforderungen genügen, weil diese Maasse die Maxima für Durchmesser und Tiefe aller in Betracht kommender Lehm- und Masseformen bilden.

Eine so gestaltete Grube ist aber gleichzeitig ein Platz- und ein Arbeitsverlust, denn ein Quadrat von 8—9 m Seite ist immer schwer entbehrlich, namentlich in der mittleren Zone eines bedeckten Arbeitsraumes und in einem Cubus von 8—9 m Seite bleibt eine Masse Material inert liegen, da fast nur die oberen Schichten der ganzen Fläche oder die gesammte Tiefe im Centrum gelegentlich aufgerührt, d. h. aus- und eingeworfen werden.

Man sticht deshalb im natürlichen oder angeschütteten, aber vollkommen gesetzten Boden eine, auch provisorische Dammgrube am besten so aus, dass man eine enge cylindrische Höhlung von der ganzen Tiefe in der Mitte, mit einer derselben concentrischen, aber den Maximaldurchmesser tragenden Oberhälfte von nicht ganz halber Tiefe combinirt, so dass sich in der Mitte eine ringförmige Schwelle bildet. Die Halbmesser beider Theile können sich auch praktischer Weise wie 1:2 verhalten, wenn nicht aus den Dimensionen der häufiger vorkommenden Formen ein anderes Verhältniss als vortheilhafter sich ableitet. Dabei ist zu bemerken, dass die cylindrische Gestalt einer jeden anderen vorzuziehen ist, obwohl die viereckige, quadratische oder ablonge Form dem thatsächlichen Raumaufwand mehr und besser entspricht. Rundwandige Dammgruben stehen allerdings besser, während geradwandige Gruben leichter einstürzen, wenn der Rand beschwert wird.

Ein Absteifen mit Brettern oder eine Art Treibzimmerung bildet schon den Uebergang zur Anlage permanenter Gruben.

§ 208. Sobald jeder Abstich, jede Giessoperation einen frischen Auswurf der Grube verlangt und sobald nach dem Herausnehmen des Gussstückes die Grube wieder zugeschüttet werden soll — ist es nothwendig, den Sand durchzurättern, um sein Volumen durch allerhand Abfälle nicht unnütz zu vergrössern; ferner empfiehlt es sich, Lagen von höchstens 1 Fuss Dicke einzuwerfen und festzustampfen, um das Material wieder in die gleiche Fassung zu bringen. Wirft man den Grund zum ersten Male aus, so wird es allerdings eintreten können, dass man etwas übrig behält, wenn man die Grube wieder anfüllt; der Ueberschuss kann ganz gut bei Seite, d. h. vor die Thür gebracht werden, um ihn eventuell zum Aufdämmen von Rinnen, Sümpfen etc. zu gebrauchen.

Bei allen diesen Operationen ist ein Nachfallen des Sandes von den Wänden her möglichst zu vermeiden, besonders wenn die Form theilweise nur in der Grube steht und eben aus der Darrkammer dahin gebracht worden ist.

Eigentliche Unglücksfälle durch Verschütten in Folge Nachfalls der Wände dürften seltener vorkommen, wiewohl davon berichtet wird (Dürre, Eisengiessereibetrieb I, S. 723). Gruben von solcher Tiefe, dass darin stehende Arbeiter noch um 0,3—0,6 m mit Sand überschüttet werden können, sollten eigentlich ohne Absteifung der Wände kaum existiren.

Nimmt mit der Tiefe auch die Weite der Dammgrube zu und will man im Interesse der Leute und der Zeitersparniss sicher gehen, allen Nachfall verhüten, rasch den Grund aus- und später wieder einfördern, so hat man bald eine solche Schaar von Hilfsmitteln, Spreizen, Winkeleisenringen, Treibbrettern, Balkenbelägen, Zwischenböden etc., dass dafür auch eine eiserne oder gemauerte, für die Zeit des Nichtgebrauchs solid zugedeckte Dammgrube hätte hergerichtet werden können.

Dass bei solchen provisorischen Gruben stets eine Leiter in der Ecke derselben stehen muss, ist eigentlich selbstverständlich und im Interesse der in der Grube beschäftigten Arbeiter fast polizeilich anzuordnen, denn sie ist bei Nachfallen der Wände das einzige Rettungsmittel.

Der eine der oben citirten Unglücksfälle, wo ein Förmer und drei Arbeiter (Tagelöhner) in der Mittagszeit von einem Nachfall überrascht wurden, der sie mit Sand von 1—2 Fuss über den Köpfen überschüttete und wo nur zufällig ein Arbeiter, am Krahn beschäftigt, ausserhalb der Grube war und die Rettungsarbeiten einleiten konnte, beweist die Gefährlichkeit der Isolirung innerhalb eines so gebrechlichen Baues.

§ 209. Für alle wiederholt vorkommenden grossen Giessarbeiten ist die Errichtung einer permanenten Dammgrubenanlage unbedingt anzurathen.

Solche Construktionen werden theils aus Ziegel-, theils aus Hausteinen errichtet und die Form derselben ist entweder cylindrisch, quadratisch oder länglich vierseitig. Die Art der Specialität der vorherrschenden Arbeit muss hier schliesslich auf die Bestimmung der Gestalt einwirken und auf die Abmessungen, welche der Dammgrube zu geben sind. Wählt man aus irgend welchen Gründen eine rechteckige, sowohl quadratische als oblonge Form, so müssen die Umfassungswände ein stärkeres, dem Druck des Erdreichs besser widerstehendes Profil haben, als bei runden Querschnitten.

Bei trockenem Grund sind 1 bis 2 Steinstärken als Mauerdicke ausreichend, während bei schwerem Thonboden, noch mehr aber bei morastigem, sumpfigen Untergrund, auf welchem z. B. zwei der bedeutendsten Arsenale, Woolwich und Spandau liegen, stärkere Wände erforderlich sind, welche auf der Innenseite der Grube noch durch gemauerte Widerlegspfeiler abgestrebt sein müssen.

Bei wasserführendem Baugrund ist, falls nach irgend einer Seite hin Drainage möglich ist, z. B. nach einem Brunnen etc., eine möglichst wirksame Drainage anzulegen; ist dieser Weg nicht angängig, so muss die Feuchtigkeit hinter den Wänden und dem Boden der Dammgrube, die durch Drainage nicht entfernt werden kann, durch irgend eine wasserdichte Construktion von dem Innern der Grube abgeschlossen werden.

Eine Trockengrube in solcher Lage wird entweder vollständig aus Eisen erbaut oder aus Steinen; auch eine Combination beider Materialien ist denkbar und ausführbar.

Hinsichtlich der Dauerhaftigkeit ist den gemauerten Gruben der Vorzug zu geben, weil eiserne Gruben einzelnen Einwirkungen andauernder oder plötzlicher Art nicht immer ausreichenden Widerstand zu leisten vermögen. Die Feuchtigkeit aussen, die Dampfbeschläge aus den heissen Lehmformen innen sind andauernde, auf die Zerstörung des Eisens durch Rost hinwirkende Einflüsse, während auch noch mechanische, durch Reibungen des Sandes etc. entstehende Effekte hinzukommen. Die plötzlichen Einwirkungen sind z. B. Eisendurchbrüche aus den unter hohem Druck gefüllten Formen; das Auftreffen des flüssigen Eisens vermag gegossene Dammgrubenwände zu zersprengen und die Verkleidung leck werden zu lassen, während bei schmiedeeisernen Wänden wiederum sehr leicht ein Anschweissen des heissen Gusseisens an den Fugen und Nietreihen eintritt und nur unter theilweiser Beschädigung der Wandung zu entfernen ist. Eine Lage Sand, die man auf den Boden der metallenen Dammgrube bringt, würde den Boden allerdings schützen, die Wände blieben aber doch der Corrosion stets ausgesetzt und eine solche, für den genannten Zweck hinlängliche dicke Sandlage hat für den Dammgrubenbetrieb immer etwas unangenehmes, da man das Princip im Allgemeinen befolgt, Dammgruben möglichst rein zu halten.

Ein Vorzug gemauerter Gruben, auf den noch hingewiesen werden kann, ist die Möglichkeit, an und in denselben Feuerungsanlagen zum Trocknen der Formen anbringen zu können. Man legt dazu einen zweiten Boden aus Eisenbalken und Belagplatten in einer beliebigen, nicht zu grossen Entfernung, 0,3 m vielleicht, vom wasserdichten Boden in die Grube ein und sorgt für einen seitlichen Luftzugang unter diesen Boden. Wird an Stelle einer dieser Belagplatten ein Rost aufgelegt, so kann man daselbst ein Cokesfeuer unterhalten, um irgend eine Stelle der Form nachzutrocknen. Die übrigen Platten sind natürlich gegen die Einwirkung des Feuers durch entsprechende Mittel, Beschütten mit Sand — besser noch durch Belegen mit feuerfesten Steinen zu schützen.

§ 210. Angenehm ist noch, einen solchen Zugang zum Boden der festen Dammgrube zu haben, weil man darin, sei es auf Geleisen, sei es auf glattem Boden, gebrauchte Formmaterialien, Abfälle aller Art etc. heraustransportiren kann. Natürlich ist bei wasserreichem Terrain dann auch dieser Zugang zur Dammgrube wasserdicht herzustellen und gegen jeden Wassereintritt zu sichern.

Erweitert sich das Programm einer Giessereianlage nach dieser Seite noch mehr und verlegt sich der Schwerpunkt der Thätigkeit nach und nach ganz in die Dammgrubengüsse, also in die Herstellung grösster Stücke oder solcher, welche der Regel nach aufrecht gegossen werden müssen, so ist sehr zu überlegen, ob nicht anstatt auszuschachten, nach Aufstellung der Fundamentconstruktion auf die geeignete Erdschicht, anzuschütten ist. Es ist hierbei ja zu bedenken, dass man in solchem Fall eine Menge Räumlichkeiten noch nebenbei gewinnt und dass man allen Fährlichkeiten wasserdichter Bauten aus dem Wege geht. Das Niveau des Arbeitens und Giessens wird allerdings dadurch in die erste Etage versetzt, so lange noch nicht alle Anschüttung vollendet ist. Bei grösseren Anlagen, auf denen nicht allein Eisengiessereibetrieb, sondern auch andere, reichen Abfall gebende Betriebe existiren, geschieht das Auffüllen rasch. Ein zur Herdförmerei geeignetes Planum hierbei rasch herzustellen, kostet allerdings mehr, als dasselbe auf dem gewöhnlichen Boden vorzubereiten. Die betreffenden Räume müssten dann überwölbt werden und auf den Gewölbflächen müsste durch Aufschüttung zunächst groben Bruches, dann groben Kieses, schliesslich Formsandes das entsprechende Bett hergestellt werden. Es ist dann besser, wenn diese Art von Förmerei neben der anderen grössere Dimensionen annimmt, besondere niedrig gelegene Ateliers anzulegen, resp. für die schweren Güsse die besonderen Anlagen zu machen und nur in der strikte erforderlichen Ausdehnung.

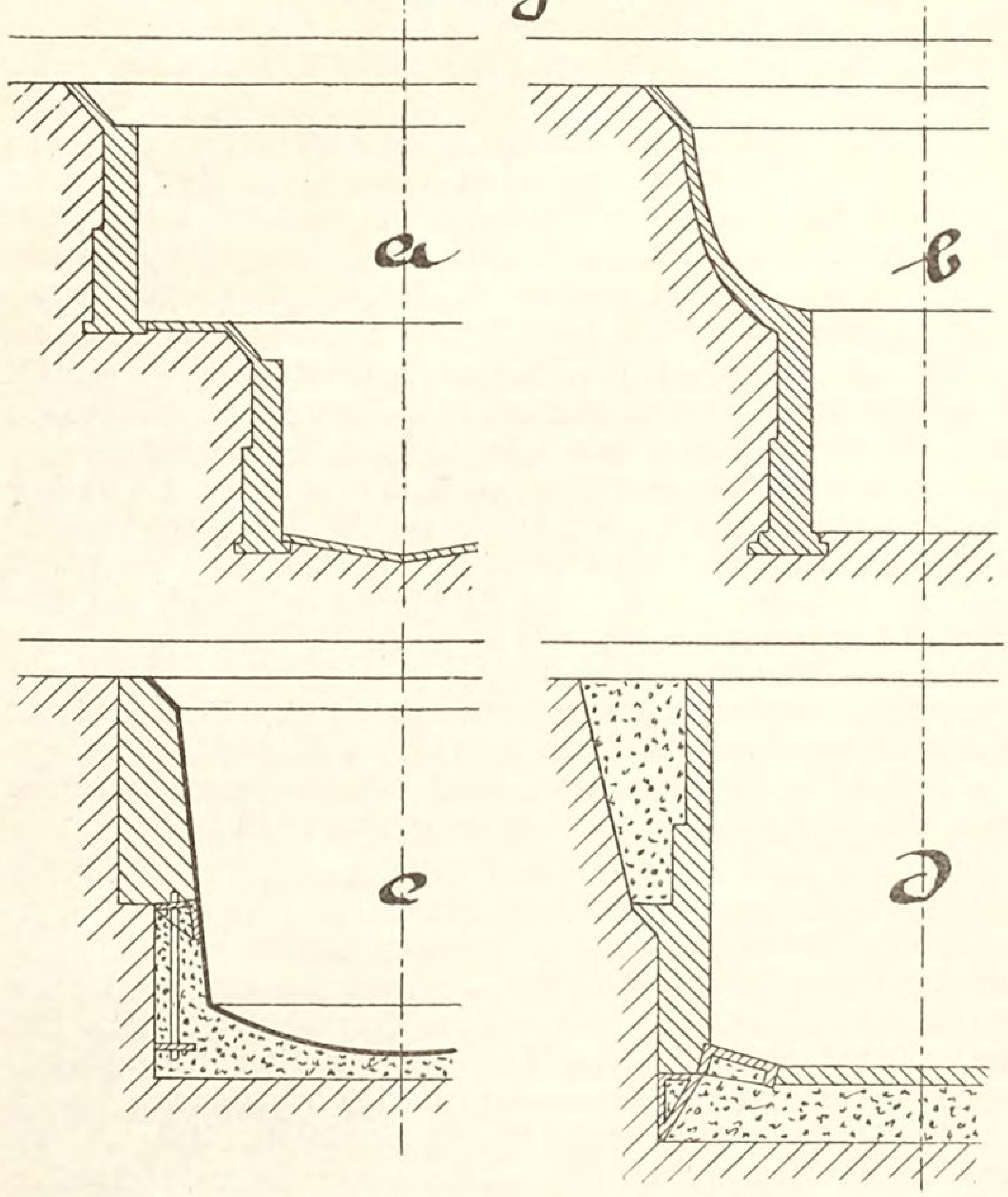
Mallet führt in seinen mehrfach citirten Artikeln an, dass Maudslay, ein bekannter Londoner Fabrikant, bei der Anlage seiner Giesserei auf der Lambeth Marsh am südlichen Themseufer, gleich vom Anfang an eine Etagenconstruktion gemacht habe. Eiserne Säulen und Gebälke trugen schmale 4zöllige Gewölbe und darauf wurde Arbeitssohle, Herd etc. etablirt; die Dammgrubenanlagen standen zwischen den beiden Niveaus in vierseitigen Mauerschächten, welche aber dazumal noch mit Sand angefüllt, also in der Art provisorischer Gruben eingerichtet worden waren. Einzelne Räume zwischen diesen Mauerschächten wurden zu Eisenlagerräumen etc. benutzt.

Bei sehr nassem Grunde, wo z. B. eiserne Gruben schon zu schwimmen beginnen und in ihrer Lage durch Belastungen festgehalten werden müssen, ist eine solche Etagenanlage unbedingt vorzuziehen; die Zugänge sind nach und nach anzuschütten.

§ 211. Eine Reihe interessanter Musterconstruktionen für Dammgruben hat Mallet gegeben (cf. Dürre's Eisengiessereibetrieb I, S. 729), welche in den Figuren 42 *a*—*d* wiedergegeben sind und sowohl für die bereits hervorgehobene abgesetzte Construktion, als auch für die Vollconstruktion Vorbilder geben bei verschiedener Beschaffenheit des Grundes.

Hat man sehr guten, namentlich recht trockenen Baugrund, so kann man sich des Profils *a* bedienen. Die oberste Linie, bei allen Construktionen bedeutet die Hüttensohle und es beginnt das eigentliche Mauerwerk der Dammgrube ca. 1 m = 3 Fuss tiefer im gewachsenen, d. h. nicht bewegten Boden. Der oberste Theil zeigt einen gebrochenen mit schrägem Steinfutter belegten Rand, der sich auf die Mauer aufsetzt, die den oberen weiteren Theil eingrenzt. Der Absatz im Uebergang zum engeren und tieferen Theil ist mit einer dünnen Mauerwerkslage ebenfalls bedeckt und geht in die Ringmauer des tieferen Theils ebenfalls durch eine schräge Fläche, die mit Steinen belegt ist, über. Der Boden, ganz flach conisch, ist wiederum durch eine dünne Steinlage abgedeckt, um eine betretbare, rein zu erhaltende Sohle zu bekommen.

Fig 42



Bei sehr festem, harten Lehm, Kies oder ähnlichem Boden braucht man die dünnen Lagen gar nicht, sondern führt nur die ringförmigen, steilen Ringmauern auf und übergiesst die Ränder, die Absatzfläche und den Boden nach genauer Einebnung mit einer Cementschicht, welche dann dieselben und noch bessere Dienste leistet als eine Roll- oder Flachschicht.

Unter sehr günstigen Bodenverhältnissen kann man sich auch des Profils *b* bedienen, welches durch seine geschwungene Linie in der breiteren Oberhälfte Material erspart und die Bodenfläche im engsten Theil des Ganzen unbedeckt lässt. Im speciellen Fall der Anwendung muss der Baustellengrund trockener, grober Kies sein, wenn die Anlage gelingen soll. Bei der Herstellung des weiteren Obertheils wird so verfahren, dass man mittelst einer Schablone den Grund zuerst ausschneidet, dann etwas einebnet und schliesslich mit Cement überzieht. Die erste Lage desselben braucht nur ein roher Bewurf zu sein, während die zweite und letzte Lage mit der Rolle sorgfältig geglättet werden muss.

Die Bedeckung mit dem doch meist feuchten Sand unterstützt noch in hohem Maasse das Hartwerden der Cementschale, auch nachdem die eigentliche und erste Erhärtung glücklich vorbei ist.

§ 212. Für nasse Lagen, für Dammgrubenanlagen in wasserführenden Schichten, sind die Dispositionen, wie sie *c* und *d* geben, vortheilhafter zu benutzen.

Die erstere der beiden Grubenprofile betrifft den Fall, wo nur die unterste Hälfte des Grubensohlraums in das Bereich wasserführender Schichten taucht, so dass es möglich ist, während des Auswerfens das Wasser auszupumpen und von der Arbeit fern zu halten. Man gräbt zunächst die Grube in cylindrischer Gestalt möglichst vollständig aus und ebnet den Boden derselben, so gut es beim Andrang des Wassers möglich ist. Eine Betonschicht wird dann nach erfolgtem Auspumpen rasch eingebracht und mit einer Schablone, der Form des später einzulassenden Eisenkessels entsprechend ausgedreht, bei welcher Funda-

mentirungs- und Abschlussarbeit auch die Ankerplatten gleichzeitig mit eingegossen werden müssen, so dass nur die Ankerstangenenden mit den Keillöchern oben aus der Cementschale heraussehen. Dann wird der Kessel, welcher an der Wassergrenze aufhören kann, eingelassen und mit dem angeschraubten, gusseisernen Rand an den Ankerstangen befestigt, mit einem reinen Guss Cement und Sand umgossen und auf diese Art fest mit der Betonhülle verbunden. Rostet nun nach Jahren der Kessel und wird zerfressen und abgenutzt, so hält dennoch die vorhandene Betonschale das Wasser ab und die Grube kann erst recht weiter gebraucht werden.

Die oberste Grubenhälfte wird einfach mit Ziegeln hergestellt, auch wenn der Kessel nur bis zur Wasserhöhe geht, wobei das Mauerwerk am besten ebenfalls in Cement oder doch wenigstens in Trass zu legen ist.

Arbeitet man bei der Anlage einer Dammgrube in sehr wasserreichem Terrain, wo die Wasserlinie nur 1,5—2 m unter der Hüttensohle liegt und wo das zudringliche Element den gewöhnlichen Verlauf der Erdarbeiten hindert, so muss man zur Construktion *d* der Fig. 42 greifen. Dieselbe beruht auf der beim Niedertreiben von wasserdichten Grubenschächten gebrauchten Senkmauerung und wendet man bis zur Wasserlinie das Auswerfen mit Spaten und Schaufel, darunter aber Sackbohrer oder Baggervorrichtungen an. Die auf scharfem, gusseisernen Schuh stehende Mauer sinkt durch ihr eigenes wachsendes Gewicht ein und wird oben immer weiter aufgeführt, bis sie hinlänglich tief gelangt ist. Nach erfolgtem Auspumpen (der Sackbohrer und die Baggerkübel schaffen an sich schon das meiste Wasser mit dem Erdreich heraus) wird nothdürftig planirt und der Boden mit einer dicken Lage von Beton begossen, in welchen dann eine grosse eiserne Bodenplatte, mit Ziegeln auf der Unterseite zwischen zahlreichen Rippen gefüttert, eingedrückt oder auch eine blosse Rollschicht, wie das Profil *d* andeutet, aufgemauert wird. Der ringförmige Anschluss an den Schuh wird entweder gemauert, in Cement eingegossen oder mit Eisen armirt, wie in der Zeichnung angedeutet ist. Es lassen sich hierfür verschiedene Varianten aufführen; Hauptsache ist immer, dass der Wasserdruck die Bodenconstruktion der Grube nicht aufhebt und zerbricht, sondern dieselbe intakt bleibt. Man erreicht dies am besten durch die dicke Betonschicht und ihren sicheren Anschluss an das Mauerwerk, das auf dem Schuh sich erhebt.

Aehnliche Constructionen sind in Spandau, bei Hoppe in Berlin und an vielen anderen Orten zur Ausführung gebracht worden.

2. Kapitel.

Von den Giessvorrichtungen.

§ 213. Wie Eingangs des Abschnittes bereits hervorgehoben wurde, bestehen die für die Ausführung der Giessprocedur selbst erforderlichen Geräthe und Einrichtungen aus Giessgefässen, Sümpfen und Reservoiren und den Giessrinnen und Canälen, soweit solche nicht bereits Theile der fertigen Formen bilden.

Die Giessgefässe umfassen alle Geräthe zur einstweiligen Aufnahme des flüssigen Eisens und zu seinem Transport nach der Giessstelle hin. Es schwanken diese Gefässe in der Grösse nach dem Inhalt und von 10—15 Kilo Fassung an hinauf bis zu 2500—3000 Kilo und noch mehr. Dazwischen gibt es zahlreiche Stufen: die gewöhnliche Handpfanne zum Giessen kleinerer Gegenstände, die von 2—3 Menschen getragene Gabelpfanne für 100—200 Kilo schwere Stücke, die auf die Sohle neben den Einguss gestellte, einfach gestielte Kipppfanne für Inhalte bis zu 1000 Kilo ungefähr und endlich die in sehr verschiedener Grösse ausgeführte Krahnpfanne.

Alle diese Pfannensorten gelangen bei derselben Form, sowohl einzeln als auch in doppelter oder mehrfacher Zahl zur Verwendung; ebenso aber tritt es ein, dass aus einer Pfanne eine Reihe von Gegenständen sehr geringen Gewichts abgegossen wird, solange das Eisen in der Pfanne eine ausreichende Temperatur behält, um verwendet werden zu können.

In der Form unterscheiden sich die Pfannen wenig von einander; zwei Typen hauptsächlich treten nebeneinander auf und herrschen vor: der halbkugelförmige und der eimerartige, conische und abgestumpfte, unten mit rundlichem Boden abgeschlossene Typus.

Das Material ist nur für die kleinsten, die Handpfannen, Gusseisen; für alle anderen erweist sich der grösseren Haltbarkeit wegen und auch der daraus hervorgehenden möglichen Leichtigkeit halber Eisenblech am geeignetsten. Ausnahmen kommen in einzelnen Fällen, besonders wenn eine Kesselschmiede nicht am Orte ist, auch vor und man findet gegossene Gabelpfannen und Kipppfannen, welche aber ein im Verhältniss zum Inhalt viel zu grosses Gewicht haben und deshalb als unpraktisch angesehen werden müssen.

Die Bewegung beim Ausgiessen erfolgt bei den Handpfannen, den Gabelpfannen, den Kipppfannen, selbst bei einem Theil der Krahnpfannen gänzlich von der Hand und wird dadurch besonders bei den grössten Giessgefässen anstrengend, unsicher und selbst gefährlich, weil die während des

Giessens, d. h. des Entleerens der Pfanne stattfindende, fortwährende Schwerpunktsvorschiebung den Kraftbedarf veränderlich gestaltet und ein Umschlagen der ganz gefüllten, wie auch ein Zurückschlagen der halbentleerten Pfanne leicht eintreten kann, wenn nicht die Arbeiter an der Pfanne genau Acht geben.

§ 214. Bei den grossen Krahnpfannen hat man deshalb eine Uebertragung eingeführt, welche gestattet, nur mit einem Arbeiter die Wendung und Entleerung zu bewirken und dadurch sicherer zu gehen. Diese Uebertragung besteht in einer horizontal an dem einen der Aufhängebügel gelagerten Schnecke, auf deren Axe ein Schlüssel mit langer Stange und Stellrad oder Kurbel so gesteckt werden kann, dass ein in gehöriger Entfernung hinter der Pfanne stehender Arbeiter ganz bequem und sicher die Schnecke drehen kann. Das hinlänglich grosse Schneckenrad, 36—44 Zähne enthaltend, ist auf der einen Zapfenaxe aufgekeilt, ausserhalb des betreffenden Aufhängebügels. Eine solche Pfanne gewährt eine hinlängliche Sicherheit beim Giessen und das in manchen Fällen erforderliche gleichförmig beschleunigte Tempo des Ausgiessens, d. h. vielmehr des Neigens oder Kippens der Pfanne, lässt sich mittelst einer solchen Uebertragung ebenfalls bewirken.

Bei der Anordnung derselben Uebertragung an sehr grossen Pfannen, ist ganz naturgemäss eine hinlänglich starke Construktion der einzelnen Theile zu berücksichtigen; das Schneckenrad wird meist voll, d. h. mit einer Scheibe, anstatt des Armkreuzes gewählt. Die Zahnbreite und die Dicke der Zähne richten sich ebenfalls genau nach der Schwere des Pfanneninhaltes.

§ 215. Bei allen diesen Giessgefässen, den grossen, wie den kleinen, ist es nothwendig, die auf dem Roheisen sich sammelnde Schlacke abzukehren, um ihr Eintreten in die Eingusstrichter zu hindern. Bei den kleineren Gefässen ist dies einfacher und sicherer als bei den grossen, besonders da die Schlackendicke der letzteren sehr viel dicker und schwerer abzuhalten ist.

Um den Unzuträglichkeiten in der Manipulirung der betreffenden Vorrichtung etwas zu begegnen, hat man vorgeschlagen, in die Pfanne eine Scheidewande einzusetzen, welche den Horizontalquerschnitt in zwei sehr ungleiche Theile theilt, einen kleinen vor dem Ausguss selbst liegenden Theil und einen grossen, den Rest des Querschnittes umfassend.

Indem man das Eisen aus den Schmelzapparaten in die grössere Hälfte des Gusskessels laufen lässt, steigt in der kleineren nur ein minimales Quantum Schlacke auf und kann leicht entfernt werden. Beim Giessen selbst tritt das Eisen aus der grösseren in die kleinere Hälfte nur langsam durch die von der Scheidewand freigelassene Oeffnung am Boden des Kessels nach, und es ist leicht, die Schlacke in der geräumigeren Hälfte des Gefässes grösstentheils zurückzuhalten.

Der einzige Nachtheil dieser Einrichtung ist die Unmöglichkeit, eine solche Scheidewand längere Zeit intakt zu erhalten. Sie kann nur durch die sorgfältigsten, aufgetragenen Ueberzüge geschützt werden und bei starker Schlackendecke ist auch die Haltbarkeit dieser Ueberzüge gefährdet.

Die Benutzung ähnlicher Pfannen, wie sie beim Converterbetrieb und beim Betrieb des Martin-Ofens vorkommen und im 4. Buch beschrieben werden, ist im Eisengiessereibetrieb deshalb schon nicht möglich, weil die Hebevorrichtungen jener Pfannen nur eine beschränkte Beweglichkeit gestatten und weil beim Eisengiessereibetrieb gerade das Giessgefäss eine weitgehende Beweglichkeit haben muss. Nur kleinere Stahlgüsse aus Martin-Oefen werden mit Hilfe solcher Giesskessel, die an hydraulischen Krahnen funktioniren, gegossen.

§ 216. Sollen noch grössere Mengen Eisen zu einem Guss gesammelt werden, als in den grössten Giesskesseln möglich ist, so muss man feststehende Reservoire, Sümpfe u. dergl. anwenden. Durch die Benutzung derartiger Anlagen wird auch noch ein anderer Vorwand begünstigt, der von Vortheil für die Beschaffenheit des Eisens ist, die Mischung und Homogenisirung der ganzen Masse.

Die Nothwendigkeit einer solchen Mischung stellt sich bei der Verwendung grösserer Mengen von Giessmaterial ganz von selbst ein, da man bei Nichtbeachtung einer solchen Maassregel die Scheidung der Gussmasse in Schichten oder Zonen verschiedener Qualität stets befürchten muss. Besonders auffällig geschieht eine solche Scheidung bei halbirtem Eisen, wie es zur Darstellung des Hartgusses benutzt wird; am auffälligsten, sobald man den Einsatz aus verschiedenem Material zusammenstellt, welches sich schlecht mischt. Das letztere trifft zu, sobald die Bestandtheile des Satzes Roheisensorten von sehr verschiedenen Eigenschaften sind, besonders weit auseinanderliegende Schmelzpunkte haben und sich in Folge dessen je nach der Dauer des beziehungsweisen Schmelzens verschieden stark im Ofen ändern.

Benützt man bei einer solchen Schmelzung noch dazu verschiedene Umschmelzapparate, so ergeben sich noch bedeutendere Unterschiede und die Nothwendigkeit, vor dem Guss selber die einzelnen Roheisenpartien zu mischen, wird immer grösser.

Zu einer solchen Operation dienen nunmehr die Reservoire, welche in verschiedener Weise angeordnet sein können. Schon früher bei der Darstellung schwerer Abgüsse aus Schachtöfen, deren Giessgewicht weit über die Fassungsfähigkeit der benutzten Oefen hinausging, musste man das Eisen entweder in sehr grossen Kesseln (Fig. 40, S. 76) oder in festen Reservoiren ansammeln. Dieselben

bestanden in eisernen, mit Steinen ausgemauerten Cylindern, hatten einen Sandboden direkt auf dem Herd der Hütte und waren dadurch der Abkühlung trotz vorheriger starker Anwärmung mit Holzkohlen bezw. Cokes sehr ausgesetzt. Jetzt baut man derartige Reservoire, entweder, wie bei dem Krigar'schen Ofen (§ 90, S. 57), in direkter Verbindung mit dem Schmelzschacht oder man gibt ihnen einen besonderen, gut mit Abzügen versehenen Unterbau, wie er in der Textabbildung Fig. 45 am Buchstaben *b* angedeutet ist, welche den Grundriss einer sehr bedeutenden Giesserei für Hartgüsse der verschiedensten Dimensionen darstellt.

Zwischen der Abstichterasse, auf welcher mehrere Schachtöfen nebeneinander sich befinden und der zum Abgiessen der Formen bestimmten weiten und tiefen Dammgruben, befindet sich ein langes trogartiges bezw. theilbar geformtes und durch Scheidewände in einzelne Abtheilungen getheiltes Reservoir, das aus festen Eisenplatten zusammengesetzt und innen mit feuerfesten Materialien ausgefüttert und ganz glatt ausgeschlichtet ist.

In dieses Rerservoir laufen nach gehöriger Vorwärmung desselben die einzelnen Abstiche der Cupolöfen, bis eine zur Herstellung des Abgusses selbst genügende Menge Giessmaterial vereint ist. Man muss bei der Behandlung solcher Ansammlungsarbeiten vor allem darauf sehen, dass die zuerst eingelassene Eisenmasse bedeutend genug ist, um bis zum Zufliessen der nächsten Abstiche unter schützender Kohlendecke flüssig zu bleiben; die Abmessung dieses Quantums wird von der Erfahrung diktirt und richtet sich nach der Einschmelzungshitze.

§ 217. Es muss an dieser Stelle gleich noch hervorgehoben werden, dass sich bei solchen Ansammlungen grösserer Eisenmassen leicht Ausscheidungen zeigen, welche den Charakter des Eisens verändern und den Ausfall des Gusses leicht gefährden können.

Da eine Eisensorte diese Eigenheit mehr hat als die andere, so kommt alles auf eine genaue Beachtung dieser Eigenthümlichkeiten an, um ihren etwaigen Einfluss auf die Beschaffenheit des Gusses zu paralysiren, besonders aber die Ausscheidungen zu beseitigen, ehe man giesst. Deshalb hat man bei der Herstellung grosser Güsse aus sehr strengflüssigen Roheisensorten, z. B. aus schwedischem Kanoneneisen und verwandten Arten, immer grosse Noth, Massen dieses Materials recht dünnflüssig anzusammeln.

Es verdient deshalb eine Einrichtung Erwähnung, die auf grossen Stahlwerken zur Herstellung guter Stahlfaçongüsse Anwendung findet; es ist dies ein grosser Ofen, nach Siemens-Martin'schem Princip construirt und geheizt, dessen Herd gross genug ist, sehr bedeutende Massen von Giessmaterial aufzunehmen. Diese Massen werden diesem Reservoir von den verschiedensten Seiten aus zugeführt: Converter, Tiegel, Flammöfen, Schachtöfen können mit ihrem bezüglichen Contingent betheiligt sein und alle diese in Qualität und Quantität verschiedenartigen, namentlich nicht in gleicher Temperatur anlangenden Bestandtheile vereinen sich zu einer nach 18—24 Stunden vollkommen homogenisirten Masse, aus der dann, nach Entfernung aller Ausscheidungen und bei richtiger Temperatur die Abgüsse hergestellt werden.

Die Anlage eines solchen Reservoirs wird sich allerdings kaum für den gewöhnlichen Eisengiessereibetrieb rechtfertigen lassen, da die Kosten zu bedeutend sind und für kleinere Fälle bietet ein gut construirter Flammofen, resp. mehrere derselben mit vorgelegtem Giesskessel oder Tümpel schon einen genügenden Ausweg zur Erzielung homogener Produkte. Bei grossen Stücken, an deren Qualität bestimmte Ansprüche gemacht werden, gibt ein Flammofen mit direkter Feuerung kaum ein homogenes Material, besonders wenn kalt besetzt wird und man wird veranlasst sein, sich einen Siemens-Martin-Ofen für solche Zwecke zu erbauen und in Betrieb zu setzen. Allerdings verlangt eine solche Anlage ein specielleres Studium und besonders dann, wenn das Schmelzmaterial aus verschiedenen Abfällen zusammengestellt werden soll, die sich verschieden verhalten. Nach einer Schablone lassen sich derartige Oefen nur behandeln, wenn die Materialien und Brennstoffe gleichartig sind; in andere Verhältnisse übertragen, passen die Schablonen nicht mehr und es müssen ganz entschieden neue Verhältnisse aufgesucht und studirt werden, ehe man dauernd gute Resultate erwarten darf. Fälle dieser Art sind in den letzten Jahren vorgekommen, seit sich Stahl- und Tempergussfabrikanten mit Siemens-Martin-Oefen eingelassen haben, wie sie von einzelnen Bureaux aus entworfen und erbaut werden.

§ 218. Eine eigenthümliche Einrichtung, welche gewissermaassen auch zu den Reservoiren gehört, fand man früher bei einer ganzen Reihe von Hochöfen angebracht, deren Produkt zur direkten Verwendung beim Eisengiessereibetrieb gelangte. Um zu vermeiden, dass beim Schöpfen des Eisens aus dem Vorherd zu viel Schlacke mitgenommen und die Arbeit innerhalb der Hütte dadurch verunreinigt wurde, legte man bei diesen Hochöfen besondere Schöpfherde an, in welche das Eisen von unten her eintrat und in Folge dessen eine ganz unerhebliche Schlackendecke bekam, wenn wirklich einmal das Roheisen im Untergestell so gesunken war, dass Schlacke durch den Canal nach dem Schöpfherde hin fliessen konnte. Gewöhnlich liess man aber den Schöpfherd erst dann sich anfüllen, wenn der Hauptherd, der ganze Eisenkasten voll Eisen war.

Die Anordnung eines derartigen Schöpfherdes war gewöhnlich so, dass in einer besonderen Nische der Hochofenbrust ein conischer und eimerartiger Trog neben dem Schlackenloch oder dem Vorherd angebracht wurde, dessen Boden mit dem des Eisenkastens in gleicher Höhe sich befand und dessen Oberwand gleichfalls mit der Scheitelfläche des Wallsteins gerade abschnitt. Beide Reservoire waren so aneinander gerückt, als es die Dicke der Eisenkastenwand, d. h. des einen Backensteins zuliess; man stemmte wohl auf dessen Aussenfläche eine conische Hohlfläche aus, um den Schöpfherdconus anzuschliessen, aber die übrigbleibende Dicke des Backensteins war doch so zu nehmen, dass sie der Corrosion des Hochofeninnern während der üblichen Campagnendauer noch hinreichende Substanz bot, um bis zuletzt eine Trennung beider Herde möglich zu machen. Ein solcher Schöpfherd bestand Decennien hindurch beim Hochofen zu Malapane und ergab stets gute Resultate. Wachler hat in einem seiner oberschlesischen Hefte einige Details der Einrichtung und alle beim Betrieb gemachten Erfahrungen mitgetheilt.

Gleichzeitig erwähnte Wachler eine andere, auf dem Eisenhüttenwerke Colonowska (an der Malapane etliche Stunden aufwärts gelegen) gemachten Einrichtung, wo zum Eisenschöpfen ein besonderer Vorherd, dem Schlackenloch entgegengesetzt, angebracht war, der gegen den Ofen zu durch einen so tief herunterreichenden Tümpel abgeschlossen wurde, dass die Schlacke ebensowenig durchtreten konnte, wie bei dem Schöpfherd zu Malapane (cf. Bd. II, S. 300, § 480).

Bei grossen Hochöfen, die auf Cokesbetrieb basirten, sind ähnliche Einrichtungen nicht gemacht worden und wenn man sie zeitweilig versuchte, so vermochten sie sich dennoch nicht zu behaupten, weil ihre betriebsfähige Erhaltung zu viel Schwierigkeiten machte. Es wäre dann schon angezeigt gewesen, einen geheizten Flammofen als Reservoir des Hochofenproduktes zu verwenden, wie es thatsächlich 1863 von Stentz und dem Verfasser für Gleiwitz projektirt worden war, wegen eigenthümlicher Platzverhältnisse aber nicht zur Ausführung gebracht werden konnte.

§ 219. Obwohl mit dem Abguss die eigentliche Procedur der Eisengiesserei ihr Ende erreicht hat, so ist damit doch nicht die Summe der auf Eisengiessereien betriebenen Manipulationen abgeschlossen. Abgesehen vom Abputzen der Gusswaare, dem Reinigen derselben von etwa anhaftendem Sand und Lehm, welche Arbeit bei kleineren Arbeiten gewöhnlich den Förmern selber überlassen wird und nur auf älteren Werken durch besondere Arbeitscompagnien bewerkstelligt zu werden pflegt — schliessen sich an die Gusswaarendarstellung im engsten Sinne noch eine Reihe von Arbeiten der Vollendung und Fertigstellung. Dieselben beziehen sich auf Bearbeitung, Zusammensetzung, Beschlagsarbeiten und schliesslich Verzierung durch Bemalung, Email- und Metallüberzüge.

Diese Arbeiten haben nur ganz ausnahmsweise auf die Eigenart des Guss- oder Roheisens Bezug zu nehmen; sie könnten in genau derselben Weise und technologischen Behandlung auch auf Schmiedeeisen und Stahl, wie auch auf eine Reihe anderer metallischer Objekte Anwendung finden, haben also wenig Unterscheidendes in Einrichtung und Betrieb.

Die Werkstätten, in denen diese als Vollendungsarbeiten zusammenzufassenden Betriebe umgehen, sind zunächst Schleif- und Polirwerkstätten, Schlossereien und Bearbeitungswerkstätten, in denen Dreh-, Bohr-, Hobel- und andere Maschinen arbeiten, dann Schmieden zur Herstellung von Beschlägen etc., endlich Emaillirwerke und Werkstätten zum Anstrich und zur Herstellung von Metallüberzügen.

Von allen den genannten Ateliers sind höchstens die Schleif- und Polirwerke und die Emaillirwerke bis zu einem gewissen Grad von der Beschaffenheit des Gusseisens als Rohmaterial abhängig, wiewohl auch hier die grösste Zahl der speciellen Einrichtungen auch für andere analoge Betriebe verwendbar ist.

Die Schleif- und Polirwerke der galvanischen Ateliers und solcher Anstalten, die sich mit der fabrikmässigen Herstellung elektrischer Ueberzüge befassen, müssen mit den weitgehendsten Details zum Abputzen, Schleifen und Poliren ausgerüstet sein und vermögen sowohl die härtesten Metalle als auch die weichsten in ganz gleichem Grade zu bearbeiten, da die Herstellung einer reinen Metallfläche für die Solidität der galvanischen Ueberzüge Grundbedingung ist.

Die Emaillirwerke arbeiten wesentlich auf gleicher Grundlage, wie diejenigen, welche sich mit dem Emailliren von schmiedbarem Eisen befassen; nur braucht beim Emailliren des Gusseisens nicht ganz mit der gleichen Vorsicht und Sorgsamkeit operirt zu werden, da die dauernde Haltbarkeit des Emailüberzuges auf dem Gusseisen durchschnittlich grösser ist, als auf dem schmiedbaren Eisen.

Sonst ist die Procedur ungefähr die gleiche und schliesst sich an die sonstige Emaillirkunst aufs engste an. Das Detail der Einrichtung und des Betriebs der Gusswaarenbearbeitung ist in Specialarbeiten und -werken nachzulesen (cf. u. A. Dürre's Eisengiessereibetrieb).

Fünfter Abschnitt.

Von der Anordnung der ganzen Anlagen.

§ 220. In Betreff der Anordnung der Giessereianlagen kann man sehr verschiedenen Grundsätzen huldigen, je nachdem der bezügliche Giessereibetrieb mehr oder minder selbstständig ist und je nachdem er die Herstellung eines bezw. weniger Artikel in grösster Ausdehnung bezweckt oder alle Zweige des Betriebes einschliesst. Im letzteren Fall kann sogar von der straffen Durchführung eines Princips kaum die Rede sein, da nach sehr verschiedenen Seiten hin der Betrieb den an ihn gestellten Anforderungen entsprechen muss.

Es wird kaum angehen, schweren Lehm- und Masseguss in der nächsten Nachbarschaft von Kunst- und verziertem Guss in grösserem Maassstab zu fabriciren oder Poterie- und Maschinenguss neben- und durcheinander unterzubringen. Wohl geht es in vereinzelten Fällen noch an, solche in Dimension, Materialbedarf und Behandlung grundverschiedene Waaren nebeneinander zu fabriciren, denn es sind dann vorübergehende Ausnahmezustände und es würde ein durchaus unfruchtbares Principienreiten sein, eine kleine Anlage in viele einzelne Theile zu zersplittern.

Eine Schilderung einfacher und complicirter Anlagen, älterer und neuerer, allgemeiner und auf Specialitäten gerichteter Dispositionen wird der beste Weg sein, alles, was hier zu beachten ist, in geeigneter Reihenfolge vorzubringen. Das erste, was sorgsam zu discutiren ist, ist die Raumfrage, die Frage nach dem Platzbedarf der Einzelarbeit, werde dieselbe nun von einem, zwei oder mehreren Arbeitern ausgeführt; so lange sie sich auf ein Stück bezieht, ist sie immer als Einzelarbeit anzusehen.

Hat man den Raumbedarf dieser so definirten Einzelarbeit festgestellt, so ist es ein leichtes, für eine gewisse Fabrikation, d. h. für einen gewissen Umfang des Betriebes in einer und derselben Gusswaarenklasse oder -gruppe den summarischen Platzaufwand zu ermitteln. Sind bei dieser Raumfrage noch Nebenräume (Darrkammern, Kerntrockenöfen oder -stuben) zu berücksichtigen, die aber einer ganzen Gruppe von Arbeitern dienen, so ist dieser zusätzliche Raumbedarf doch getrennt festzuhalten, weil er einer in gewissen Grenzen sich bewegenden Veränderlichkeit des eigentlichen Förmereiplatzes als Constante gegenüber steht.

Das nächste, was in Discussion zu stellen und sorgsam zu erwägen sein wird, ist die Entfernung zu den Giessplätzen, bezw. zu den Umschmelzapparaten. Einzelne Formen vertragen einen weiteren Transport des geschmolzenen Materials, während andere in der Nähe der Oefen zum Abguss aufgestellt werden müssen. Bei der Erledigung dieser Frage wirkt auch noch die Rücksicht auf das Vorhandensein der Krahne und deren Leistungsfähigkeit, ferner auf die Anlage der vorhandenen Dammgruben und deren Benutzbarkeit für die verschiedenen Zwecke ein.

Ausserdem muss auch noch auf die eventuellen Ausgänge, Transportwege für schwere Gussstücke und alle Verkehrserleichterungen Bedacht genommen werden, wie dies bereits bei den Hochofenanlagen angegeben worden ist.

§ 221. Kleinere Ateliers werden zweckmässig als längliche Hallen entworfen und ausgeführt; die Breite ist dadurch gegeben, dass die zu benutzenden Krahne in der Längsaxe aufgestellt, mit einer am äussersten Ende des Auslegers hängenden Last frei sich drehen sollen und dass ausserdem an den Langseiten noch Platz zum Arbeiten an den Formtischen und Formbänken bleibt, beziehungsweise zum Arbeiten auf der Sohle. Daneben muss auch noch eine Communication möglich sein, d. h. ein Gang jederseits der Langseite entlang freigelassen werden, um den Transport des flüssigen Eisens und den der Formmaterialien, der Produkte und der Abfälle bequem bewirken zu können.

In der Mitte der einen Langseite ist die Wand durch eine weite Gewölbeöffnung unterbrochen, hinter welcher die Schmelzapparate stehen. An dieser Stelle schliesst sich ein seitlicher Ausbau an, durch dessen Dach hindurch die Ofenesse geführt ist und in welchem Gichtbühne, Aufzug, Ventilator etc. untergebracht werden können. Dadurch, dass so die Herstellung des geschmolzenen Materials nach der Mitte der ganzen Anlage verlegt ist, wird die Vertheilung des Eisens nach den einzelnen Giessplätzen

eine gleichmässige und diese Vertheilung wird dadurch noch gleichmässiger, dass man die Herstellung der schweren Stücke in die Nähe der Oefen bringt und somit den Eisentransport erleichtert.

Auch eine Dammgrube, wenn sie erforderlich, kann am besten vor die Oefen oder nicht weit davon gelegt werden; jedenfalls muss sie von einem der Krahne beherrscht werden, der dann entweder direkt oder indirekt mit den Oeffnungen der gleichfalls an der hinteren Längswand der Giesshalle zu disponirenden Darrkammern in Verbindung stehen muss. Sieht man eine grössere Ausdehnung aller mit dem Darrkammerbetrieb zusammenhängenden Specialitäten voraus, so legt man sowohl die Darrkammern als auch die Arbeitsplätze und den Giessplatz am einen Ende der Halle zusammen und richtet einen bequemen Eisentransport dahin ein. Man vermeidet durch diese Isolirung das Verunreinigen des gewöhnlichen Sandes durch die Abfälle des Lehm- und Masseformbetriebes am besten und diese letzten Betriebe können auch ungestört durch die lebhaften Eisentransporte der Sandförmerei ihren zeitraubenderen Aufgaben nachgehen.

Liegt ein solches Atelier an einem Hochofen, so kommt es darauf an, ob man das Hochofenprodukt vollständig vergiesst oder ob nur ein Theil zur Eisengiesserei, ein anderer Theil zum Abstich in gewöhnlichen Masseln verwendet wird. Im ersten Fall kann der ganze Raum analog verwendet werden, als ob an Stelle des Hochofens gewöhnliche Umschmelzöfen ständen, indess wird man für den Fall eines plötzlich nothwendigen Abstiches ein kleines Abstichfeld freilassen müssen. Bei nur nebensächlicher direkter Benutzung des Hochofenprodukts disponirt man von vornherein ausreichende Abstichflächen und reservirt daneben, an der Ofenlangseite gewöhnlich, etliche Formplätze, um grobe Gusswaaren, wie sie theils zum eigenen Bedarf, theils für Andere aus dem Hochofen gegossen werden, herzustellen, während der Abstich vor sich geht. Bei allen älteren Cokeshochofenwerken und bei vielen neueren kommt diese Art der Förmerei und Giesserei häufig vor und einzelne Hütten verwerthen dadurch einen Theil ihres Produkts mit grösserem Vortheil.

§ 222. Grosse Ateliers, ebenfalls ohne besondere Specialitäten, werden wesentlich nach gleichen Grundsätzen angelegt. Erheblich breiter als kleine können sie nicht gemacht werden, wenn die in der Axe des Grundrisses aufgestellten Krahne den gesammten Raum, ausschliesslich der Formtischreihen bestreichen sollen. Ergibt sich aber aus der für den Gesammtbedarf festgestellten Grundfläche und aus der vorher festgehaltenen ebenerwähnten Breite eine zu bedeutende Länge der Halle, so kann man dieselbe mit Seitenhallen versehen, in denen man alsdann die gesammte kleine Arbeit, welche ohne Krahnbenutzung von Statten geht, unterbringt. Dadurch kürzt sich die Länge der Halle und damit werden auch die Transportwege des geschmolzenen Roheisens kleiner. Man legt bei den grossen Hallen nicht immer die Oefen genau oder nahezu genau in die Mitte der Langseiten, sondern rückt sie häufig nach der einen Seite hin, schon um auf der anderen Seite der Rückwand die Darrkammern zusammenzubauen und um noch Platz für einen oder mehrere Flammöfen zu haben, falls die Natur der anzufertigenden Waaren die Benutzung solcher Oefen verlangt.

Lässt sich eine vorhandene kleinere Halle nicht gut verlängern und liegt dennoch das Bedürfniss zur Vergrösserung der Giesserei vor, so kann man sich auch dadurch helfen, dass man in der Mitte der Vorderfront eine Querhalle anstösst, welcher eventuell eine Länge bis zur Ausdehnung der beiden Flügel der Haupthalle gegeben werden kann. Die Ecken des Transepts und der Haupthalle werden durch Thorflächen gebrochen, durch welche hindurch die Abfuhr der Gusswaaren und der Hin- und Hertransport schwerer Inventarienstücke etc. bewerkstelligt werden kann. Diese Thorflächen werden mit kleinen Schleppdächern abgedeckt, die bis unter die Dachtraufen der Hauptdächer reichen.

An das Vorder-(Stirn)-Ende der Querhalle kann man verschiedene Räumlichkeiten anstossen: so das Bureaux des Giessmeisters, Kammer für kleinere und metallene Modelle, für Requisiten und Materialien verschiedenster Herkunft sind daselbst am besten untergebracht.

Eine sehr gute Disposition dieser Art findet sich in der Borsig'schen Eisengiesserei zu Berlin, Chausséestrasse 1, woselbst ein allerdings alle sogenannte Currentwaare ausschliessender Betrieb von mittlerer Ausdehnung stattfindet, der leichten und schweren Maschinenguss umfasst. Dieser Tförmige Grundriss gibt überhaupt besser Gelegenheit, die Eintheilung der Arbeit und der Arbeitsräume in gut getrennte Gruppen zu bewirken, als dies in einer zusammenhängenden längeren oder kürzeren Halle möglich ist. Bei sehr bedeutender Ausdehnung und sehr verschiedenartigen Betriebszweigen, kommt man allerdings leicht dazu, ganz getrennte Räume zu verwenden und für die Specialitäten besondere Gebäude zu errichten, in denen dann eine dem Zwecke vollkommen entsprechende Ausrüstung und jede auf die Erreichung dieses Zweckes gerichtete möglichste Erleichterung vorgesehen werden können.

§ 223. Die besten Beispiele für solche, dem Zwecke knappangepasste Anlagen und Ausstattungen von Giessereiwerkstätten bieten die Röhrengiessereien, sowohl die nach dem Maschinenstampfprincip, als die nach dem Handstampfsystem eingerichteten.

Die Figuren 43a und b, sowie die Figuren 44a und b geben Grundrisse und Profile zweier deutscher Röhrengiessereien, welche in Anordnung und Details einige Unterschiede zeigen.

Die beiden Figuren 43a und 43b beziehen sich auf eine Röhrengiesserei, welche den Förmereiprocess in zweitheiligen Kasten und bei horizontaler Lage ausführt, dann zum Trocknen die Kasten aufrecht stellt, worauf das Einlegen der Kerne und der Guss bewirkt wird, welcher letzterer ebenfalls in verticaler Lage stattfindet.

Wie die Figuren zeigen, besteht die Anlage aus zwei Hallen mit aussen anstossenden, niedrigeren Seitenhallen, sowie auf der einen Langseite angeschlossenen, kleineren Hilfsbauten, zur Unterbringung verschiedener Betriebsbestandtheile.

Die eine, auf der Zeichnung rechts liegende Halle, enthält den Förmerei- und Giessraum, während in der anderen Halle sich die Kernfabrikation und daneben in z. Th. durch Zwischenmauern abgeschlossenen Räumen die ganze Schmelzanlage mit Gebläsen und Maschinen befindet. In der Verlängerung der Hallen ist die Formmaterialien-Vorbereitung, der Röhrenstapelplatz und verschiedenes andere Detail untergebracht.

Die Förmerei- und Giesshalle enthält fünf Dammgruben zu je fünf Doppelkasten, also mit einer Capacität von im Ganzen 50 Röhren; zwischen den Dammgruben sind die Förmereiplätze, auf denen auch das Kerneinlegen, Ausschlagen etc. stattfindet. Aus diesem Grunde sind auch die Zwischenräume der Dammgruben ebensoweit, wie die Weite der Dammgruben selber, d. h. ca. 4 m.

Ueber jeder Dammgrube liegt eine feste Windenbrücke unter dem Dach, auf welcher eine von der Seitenwand aus, durch Transmission bewegliche Winde, bezw. Laufkatze hin und her bewegt werden kann, deren Lastseil ebenfalls durch die Transmission in Bewegung versetzt wird.

Mittelst dieser festen Brückenkrahne werden sowohl die Formkasten in die Dammgruben eingesenkt und ausgehoben, als auch die Manipulationen des Auseinandernehmens der Kasten, des Modellausziehens, des Einlegens der Kerne verrichtet; schliesslich wird auch noch, wie das zweite Profil auf Fig. 43a zeigt, der Eisenkessel, welcher vom Cupolofen in der Schmelzhalle auf einem Wagen nach der Giesshalle gefahren ist, gehoben und ausgegossen.

Unter den sämmtlichen Dammgruben hindurch zieht sich ein Canal, der allen Standplätzen der Gussformen, die zum Trocknen nothwendigen, in zwei an der (rechten) Langseite aufgestellten Generatoren dargestellten Heizgase zuführt. Von dem genannten Canal aus zweigt sich in jeder Dammgrube ein längs der einen Wand derselben hinführender Vertheilungscanal ab, welcher mit eisernen Deckeln, die je zwei Oeffnungen zum Austretenlassen der Gase besitzen, abgedeckt ist. Die Formkasten werden nach erfolgtem Einformen auf die Platten aufgesetzt, um vollkommen trocken zu werden und während dieser Zeit kann eventuell auf der anderen Seite der Dammgrube in einer zweiten Kastengarnitur abgegossen werden. Wie der Hauptcanal mit den Generatoren zusammenhängt, ist aus dem obersten Profil der Fig. 43a zu ersehen.

§ 224. In der linken Halle nimmt die Kernmacherei den Haupttheil, die grössere Hälfte des Grundrisses ein; es sind vier Darrkammern vorhanden, durch welche hindurch Geleise führen, auf denen die Wagengestelle mit den Kernen circuliren können. Je zwei dieser Kammern sind in ihren Geleisen durch Drehscheiben so verbunden, dass der Wagen, nachdem er durchgeschoben ist, wieder zurück in die nächste Darrkammer gelangen kann. Dadurch wird die erforderliche, gegenseitige Unabhängigkeit der Darrkammeranlage und der Kerndreherei gesichert und es wird immer Raum in den Darrkammern vorhanden sein, um die rohen Kerne und wiederum die abgeschlichteten und geschwärzten Kerne zu trocknen.

In welcher Weise beiläufig die Heizungen disponirt sind, erhellt aus dem dritten Profil der Fig. 43a, welche zeigt, dass die Feuerungsanlage der Darrkammer ein unterirdischer Planrost ist, auf dem, aus je zwei Zuflussrohren zugeführt, Gase (aus Generatoren) verbrennen. Der Abzug der Feuergase erfolgt an der einen Seite jeder Kammer durch Abzüge, die nach zwei Essen an der linken Seitenwand führen.

Durch die Geleise, welche vor und hinter den Darrkammern herführen und mittelst Drehscheiben auch in Verbindung zu einem Quergeleise stehen, ist jede Bequemlichkeit für den Materialtransport und die Abfuhr der Abfälle gegeben.

Gleich hinter dem, die Kernherstellungsplätze und Darrkammern abgrenzenden Quergeleise befindet sich vor dem Maschinenraum der Cupolofen (Krigar-Construktion mit Vorherd), welcher direkt in ein auf dem Quergeleise circulirendes Giessgefäss abstechen kann.

In dem Maschinenraum befinden sich ausser der verticalen Dampfmaschine nebst Kessel noch Pumpenanlagen und zwei Lloyd'sche Ventilatoren (vergl. S. 80, § 125).

Neben diesem einen Maschinenraum ist ein zweiter kleinerer Raum mit Desintegratoren oder Kohlenstaubmühlen, welcher Raum mit dem Essensystem der Darrkammern zur besseren Entfernung des feinen Staubes in Verbindung sich befindet.

An den Bau der beiden Hallen schliessen sich, wie schon angedeutet, rechts der Putzplatz für die Rohre, links eine Construktion mit drei Kammern, welche zur Aufstapelung von Formmaterial benutzt zu werden scheinen. Die eine der Kammern steht mit dem längs der Darrkammern führenden Geleise in Verbindung.

In welcher Weise der Cupolofen bedient wird, ist aus dem mittleren Profil von Fig. 43a ersichtlich, wo die Aufgebebühne durchschnitten erscheint; sie bedeckt, wie man sieht, ausser dem ummauerten

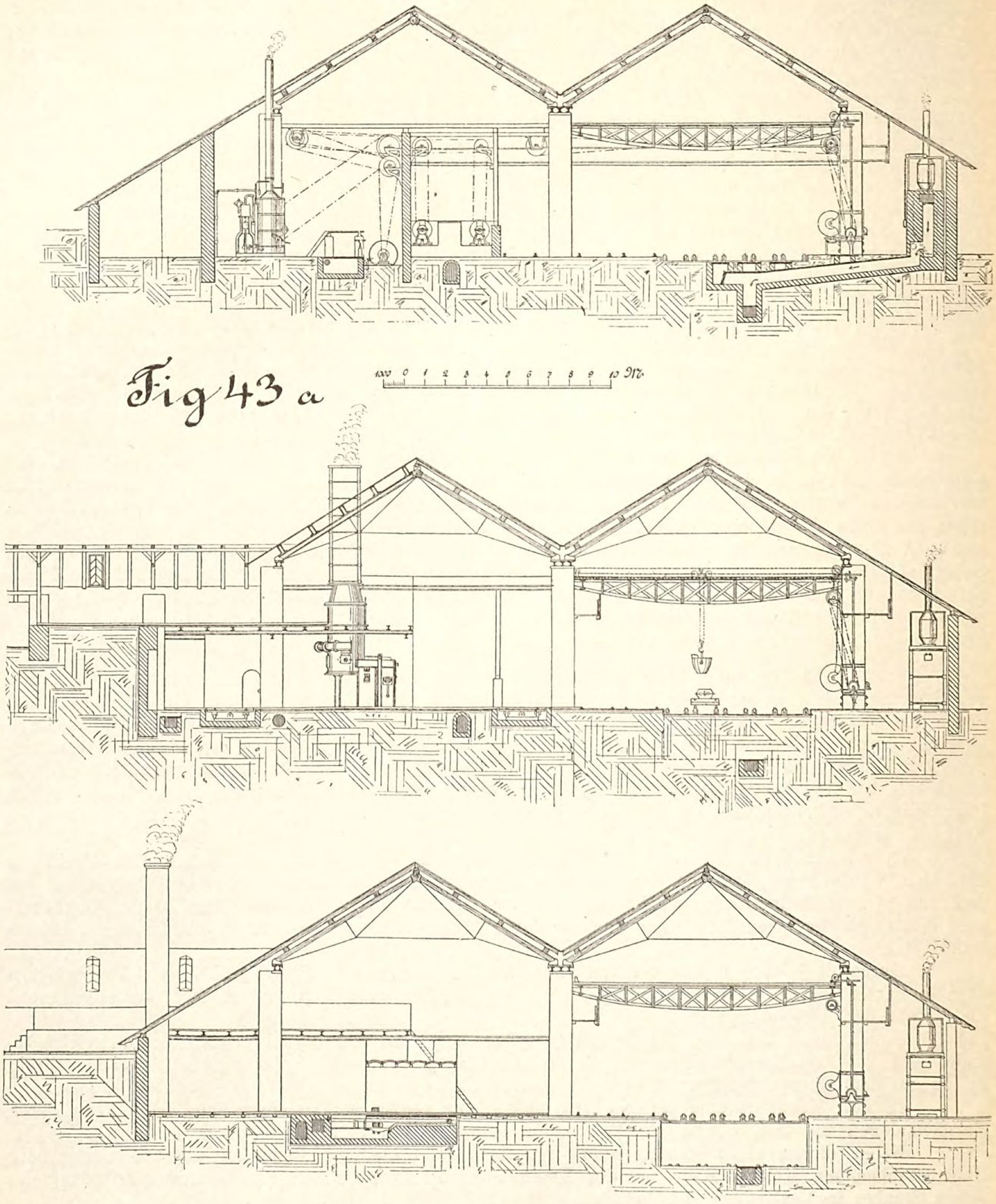


Fig 43 a

Erdwürfel links noch das Quergeleise für das Eisen bis an die Ecke der Maschinenkammern und stösst nach vorn zu beinahe mit der ersten Darrkammer zusammen, die allerdings die Höhe der Bühne nicht erreicht. Eine Treppe führt nach dem Innern der Halle herab.

Die ganze Aufgebebühne ist mit einem Dach bedeckt, welches sich noch nach aussen als Hallenbedeckung weiter erstreckt, als die Ummauerung der Bühne reicht.

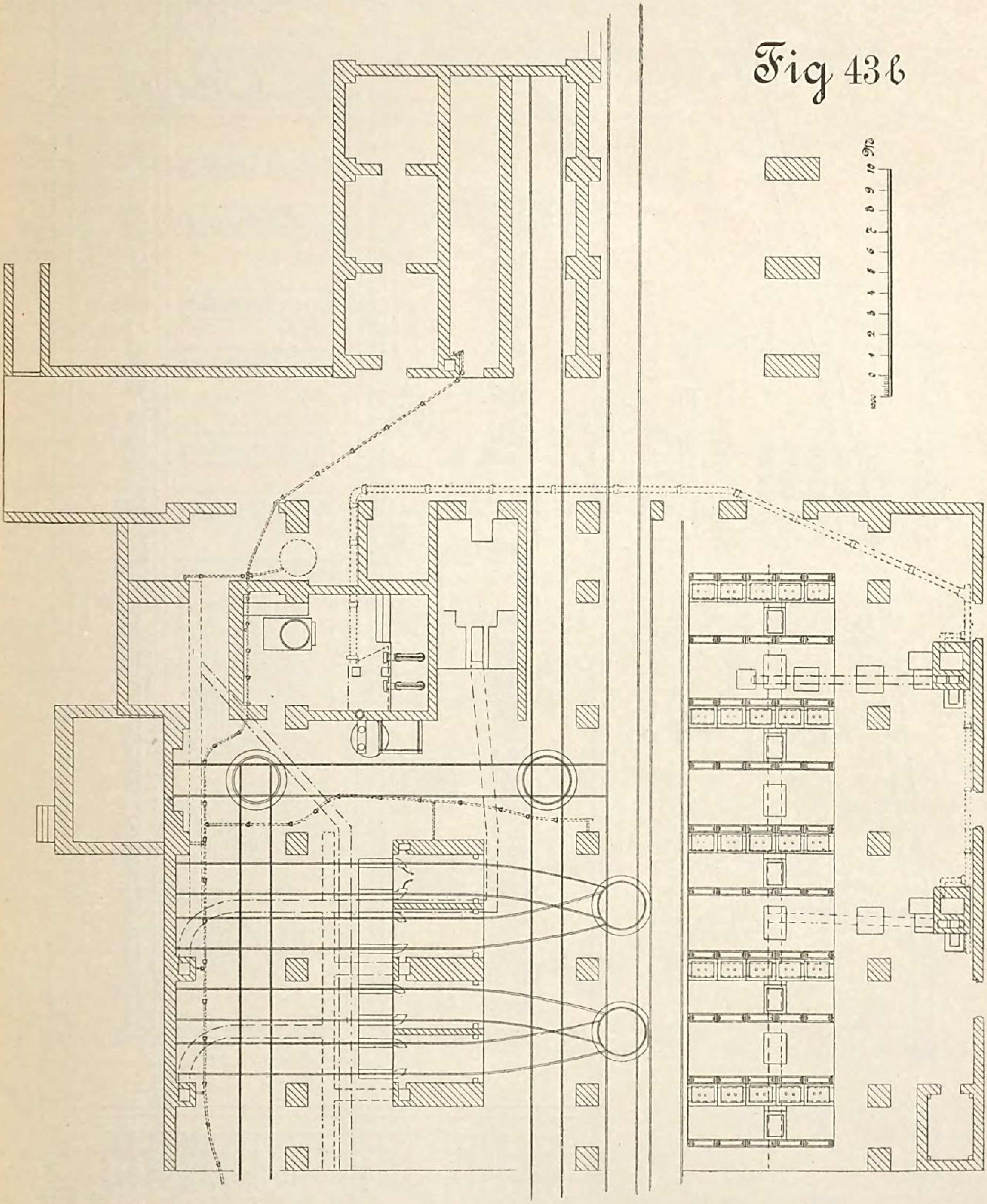


Fig 43b

Diese ganze Anlage hat sich in langjährigem Betrieb gut bewährt und zeichnet sich vor anderen Anlagen ähnlicher Art besonders durch grosse Billigkeit aus und durch Einfachheit bei grosser Leistungsfähigkeit, unter nicht gerade sehr günstigen Transportverhältnissen und Brennstoffbezügen.

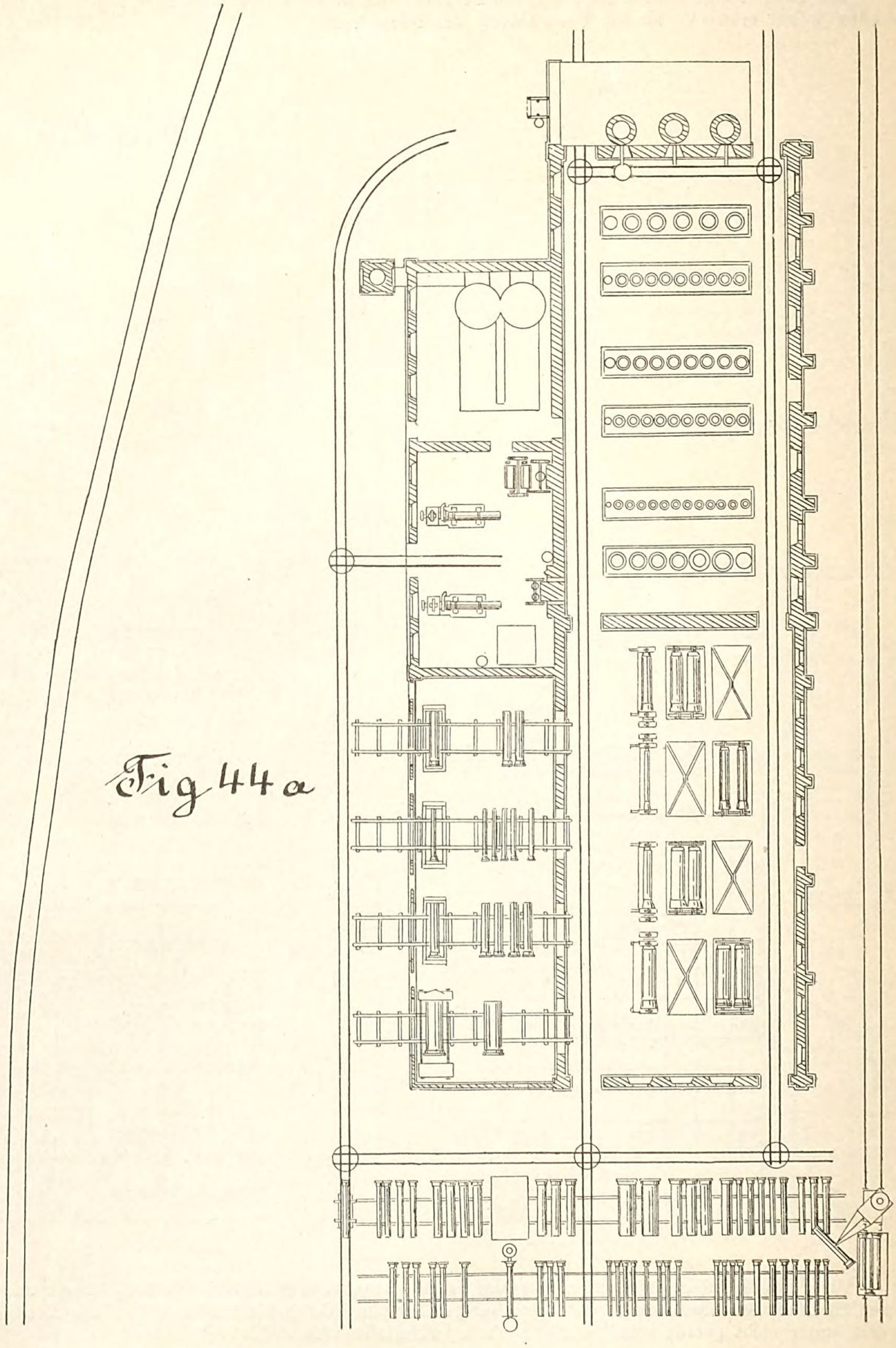


Fig 44a

§ 225. Noch weit consequenter ist die Planmässigkeit der Anlagen in den Röhrengiessereien durchgeführt, welche nach dem System arbeiten, das bereits § 40, S. 26 besprochen wurde. Eine der besten Anlagen ist die daselbst erwähnte Röhrengiesserei zu Mühlheim a. d. Ruhr, deren Grundriss in Fig. 44a wiedergegeben ist, während ein Profil durch die Giesserei selbst und ein anderes durch die Kerndreherei in Fig. 44b vereinigt sind.

Die ganze Anlage besteht aus drei deutlich unterscheidbaren, doch aneinanderpassenden Theilen, der grossen Hauptgiesshalle, der die Fortsetzung derselben bildenden, doch niedrigeren Kerndreherei und einer längs beiden Haupträumen herlaufenden niedrigeren Seitenhalle mit Kesselanlage, Maschinenhalle und Dreherei, sowie der zum Probiren und Pressen der Rohre nothwendigen Räumlichkeiten.

Aussen an der Schmalseite der Giesshalle stehen drei Cupolöfen mit Aufgebebühne und dem S. 85 bereits beschriebenen Dampftreibkolbenaufzug.

In der Giesshalle selbst sind die Einrichtungen für 6 Reihen Formkasten getroffen, welche von der als Arbeitssohle dienenden ersten Etage herunter in das Parterregeschoss hängen und mittelst starker Ohren zwischen eisernen Doppel- und Gitterträgern auf das sicherste befestigt sind.

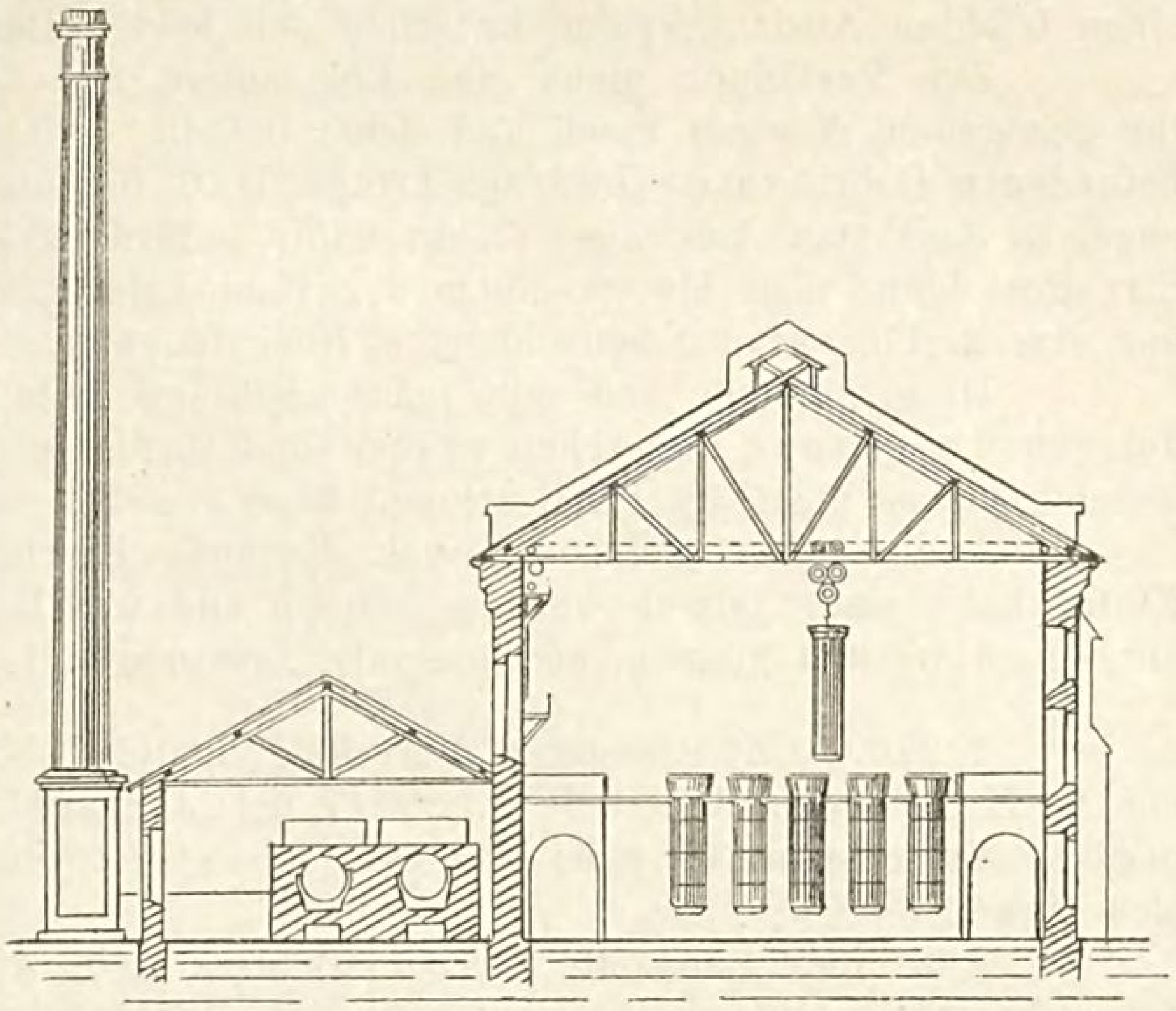
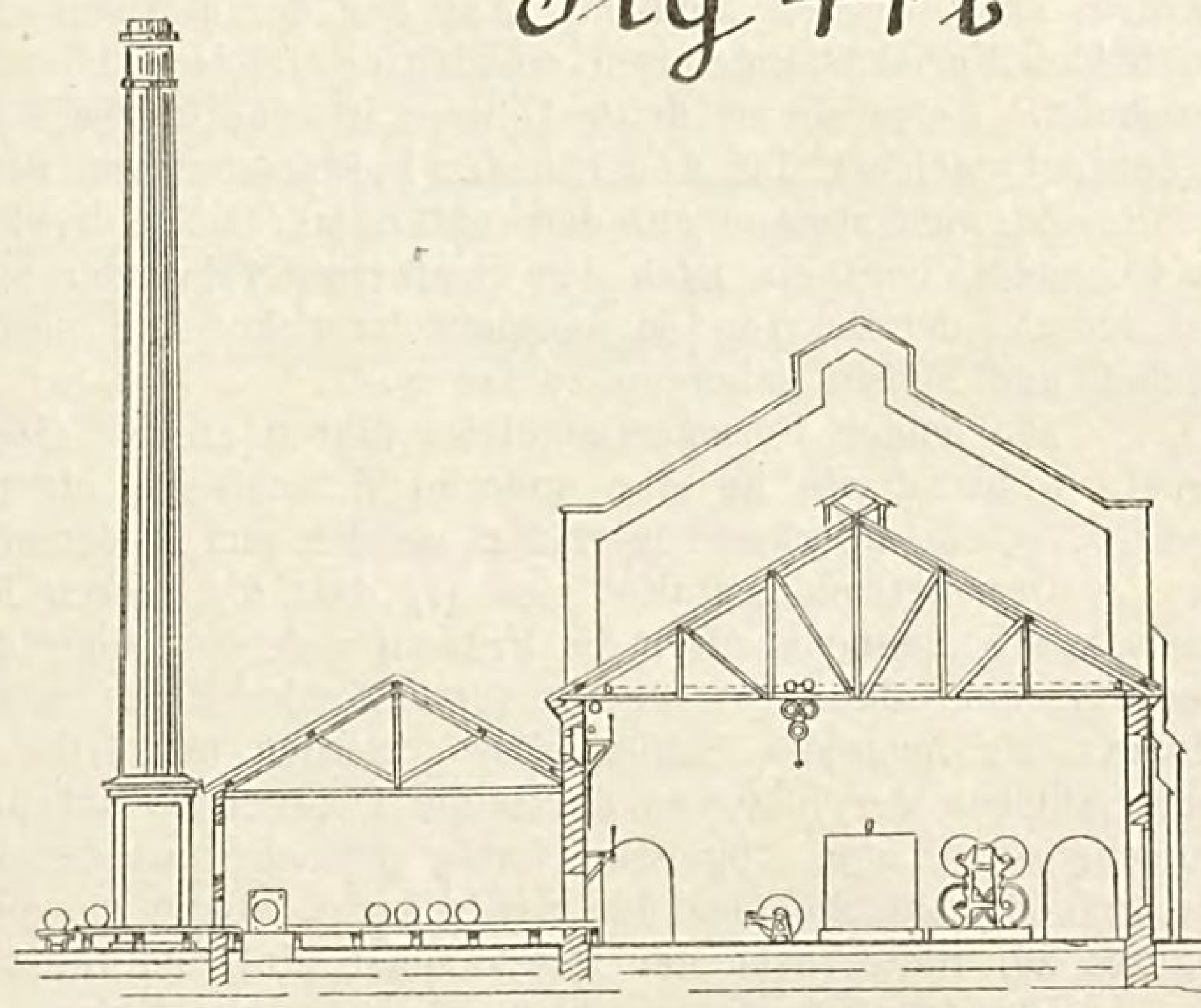


Fig 44 b



Die Arbeitsbühne bildet ein zusammenhängendes Ganze in der Mitte des Raumes, lässt aber an den Wänden entlang soviel Raum frei, dass sowohl die Kerne als das flüssige Eisen heraufgezogen, die Rohre und Kerneisen aber heruntergelassen werden können.

Fahrbare Brückenkrahne vermitteln diese Transporte und erhalten ihre Bewegung durch eine Transmission, welche die ganze Giesshütte durchzieht und mittelst Friktionsscheiben auf jeden Krahn und auf jeden Mechanismus derselben eingreifen kann.

Die Vortrefflichkeit einer solchen Disposition verursacht auch bei der grössten Geschäftsthätigkeit und der stärksten Produktion, nie den Eindruck der lärmenden Hast, der sonst von starkbeschäftigten Werkstätten, den Beschauer überwältigend, verursacht wird; eine solche Giesserei arbeitet rasch, ruhig, sicher und pünktlich.

Von den Nebenateliers ist das der Kerndarstellung das wichtigste; dasselbe stösst an die Giesshalle unmittelbar an oder bildet vielmehr eine niedriger bedachte Fortsetzung derselben. Die Geleise, welche längs der Seiten der Giesshalle laufen und den Verkehr vermitteln, setzen sich in der Kerndreherei weiter fort und führen schliesslich ins Freie, wo sie durch Drehscheiben mit dem Rohrlagerplatz in Verbindung stehen. In der Kerndreherei arbeiten vier Kerndrehbänke mit je zwei Trockenvorrichtungen. Die letzteren sind keine eigentlichen Darrkammern, sondern heizbare Plätze, auf denen die Kerne in Ständern aufgehängt ruhen, worauf dann grosse blechene Hauben von parallelepipadischer Gestalt darüber gestülpt werden. Ein Satz Kerne ist in Arbeit, während der andere trocknet und dadurch erleidet die Folge der Arbeit noch seltener Aufenthalt als bei der vorher beschriebenen und bei anderen analogen Dispositionen.

Die Manipulation der Kerne, der Spindeln, die Bewegung der Hauben, kurzum, alle schwerere Arbeit wird durch eine, über dem ganzen Raum hin und her fahrbare Brückenkrahn-Construktion vermittelt, die auch in dem untersten Profil der Fig. 44b angedeutet ist.

Neben diesem Kernmacheraum befindet sich der Putzraum und Probirraum. Vier Putz- und Stapelbänke sind darin angebracht und reichen vom Kernraum durch weite Thorbögen in den Putzraum, gehen unter den Pressen durch und setzen sich bis ins Freie fort, sodass die darauf hingerollten Rohre ohne weiteres auf Wagen gelangen können, welche auf einem Geleise parallel der Längswand der Seitenhalle circuliren. Es sind vier Probirpressen von drei- bis viererlei Dimensionen vorhanden, darunter eine ganz grosse für ausnahmsweise weite Rohre. Neben diesem Raum ist der Maschinenraum mit Betriebsmaschine, Modelldrehbänken etc. etc.; dahinter folgt der Kesselraum. Haben die Rohre die Probe bestanden, so werden sie nach dem Stapelplatz gefahren, wo sich auch der Theerofen befindet, der einen leichten Auslegerkrahn, zwischen den beiden Bänken stehend, zu seiner Bedienung hat.

Zur Verladung dient eine Lokomotive mit darauf befindlichem Dampfkrahn, welche den von ihr gezogenen Waggon rasch und sicher belädt. Derselbe Strang, der nach der einen Seite hin die gutbefundenen Rohre zum Schwärzen bringt, läuft in entgegengesetzter Richtung bis an den Fuss des Aufzugs, so dass man Ausschuss direkt dahin befördern kann. Auf der der Hütte abgewendeten Seite des Stranges dehnt sich bis zu einem der Hauptgeleise ein Theil des Lagerplatzes für das Giessmaterial aus, das z. Th. auf der benachbarten Hochofenanlage des Werkes erblasen wird.

Diese einfache und sehr leistungsfähige Anlage kann recht gut als Typus derartiger Specialanlagen überhaupt angesehen werden und verdiente deshalb eine Darstellung und Besprechung, so eingehend, als es eben die Publicationen über dieselbe zuliessen.

Andere dem gleichen Zweck dienende Einrichtungen sind durchaus nicht immer von gleicher Einfachheit, sind vielfach verbaut, knapp und winklig zusammengesetzt, so dass sie als Muster nicht angesehen werden können, obschon ihre Leistungen keinerlei Tadel treffen kann.

§ 226. Unter neueren Vorschlägen, die Leistungsfähigkeit einer Giesserei zu erhöhen, ist der von G. Herzog-Paris (D. R.-P. 26417, 21. Januar 1883) zu erwähnen, welcher sich speciell auf eine eigene Anordnung des Giesshauses bezieht, indessen nur für eine sehr gleichmässige Fabrikation sich eignet.

Auf einer Langseite des Giesshauses steht die Formmaschine, welche einen durch Wasserdruck bewegten Presskolben hat und der Hauptsache nach im Souterrain angebracht ist. Ihre Axe schneidet sich mit den Axen zweier Geleise, die übereinander in einer bestimmten Entfernung um das ganze Giesshaus herumlaufen und von Wagengestellen befahren werden, auf welche man die Formkasten stellt. Diese Geleise müssen eine so weite Spur haben, dass die Formkasten durch sie hindurch gehoben, bezw. gesenkt werden können. Auf der der Formmaschine gegenüberliegenden Langseite liegt unter den beiden Formkastengeleisen ein drittes Geleise auf der Sohle der Hütte, auf welchem der Guss selbst stattfindet. Ueber dieses dritte Geleise ist eine fahrbare Winde (ein eigentlicher Laufkrahn ist es nicht) angeordnet, welcher das Abheben der Formkasten von den auf den oberen Geleisen circulirenden Wagen und ihr Zusammensetzen auf dem untersten Geleise bewirkt. An einer Stelle desselben, nahe der Ecke des Gebäudes, liegt ein nach dem Souterrain führender Schacht, in welchen man den gebrauchten Formsand stürzt, um ihn von da aus mittelst Schnecken nach der Kollermühle zum erneuten Mahlen, Vermischen und Sieben gelangen zu lassen.

Die beiden Formkastengeleise führen an der einen Schmalseite längs der Formkastenreservoire vorbei, während sie an der anderen Schmalseite einen langen Trockenofen oder eine Darrkammer passiren, welche zweckmässig erhitzt werden und in denen der Trocknungsprocess 15—20 Minuten dauert.

Der Betrieb gestaltet sich so, dass die leeren Formkasten auf den Wagen der beiden oberen Geleise nach einander unter die Pressen gefahren, über der Modellplatte, mit dem Pressrahmen und mit Sand versehen, abgepresst und in fortlaufender Reihe nach der Darrkammer gefahren werden. Von hier gelangen sie über das Sohlengeleise, werden mit Hilfe der Winde von den Wagen abgehoben, nach Vorbeischieben der letzteren durch die Obergeleise auf die Giesswagen des Sohlengeleises gelassen, zusammengesetzt, zum Abgiessen fertig gemacht, an den Giessplatz gefahren und gegossen. Nach dem Guss schiebt man sie über den Sandschacht, nimmt sie auseinander, schlägt den Sand heraus, bringt die Abgüsse zur Seite (nach der Putzkammer hin) und fährt die Formkasten wieder zur Maschine hin.

Die der Patentbeschreibung beigegebene Skizze ist nur schematisch und lässt nicht erkennen, wie bei ungleichen Formkasten verfahren werden soll; nur für den Fall der Anwendung runder Kasten ist noch eine Wagenconstruktion mitgetheilt, welche mit Zapfenlagern und Wendevorrichtung für die Kasten ausgestattet ist.

§ 227. War bisher von den ausschliesslich zur Gusswaarenherstellung dienenden Förmerei- und Giessereiräumen die Rede, so dürfen nur noch ein paar Worte rücksichtlich der sonstigen, zum Gesammtbetrieb des Giessereigeschäfts vielfach erforderlichen Werkstätten am Platze sein.

Wo grössere Nebenwerkstätten betrieben werden, müssen sie in geeigneter Verbindung mit der Giesserei stehen, bezw. sich an dieselbe bequem anschliessen, ohne jedoch den Betrieb derselben zu behindern. Der dem II. Bande dieses Werkes, Taf. XXXVII beigegebene Plan der Georgs-Marien-

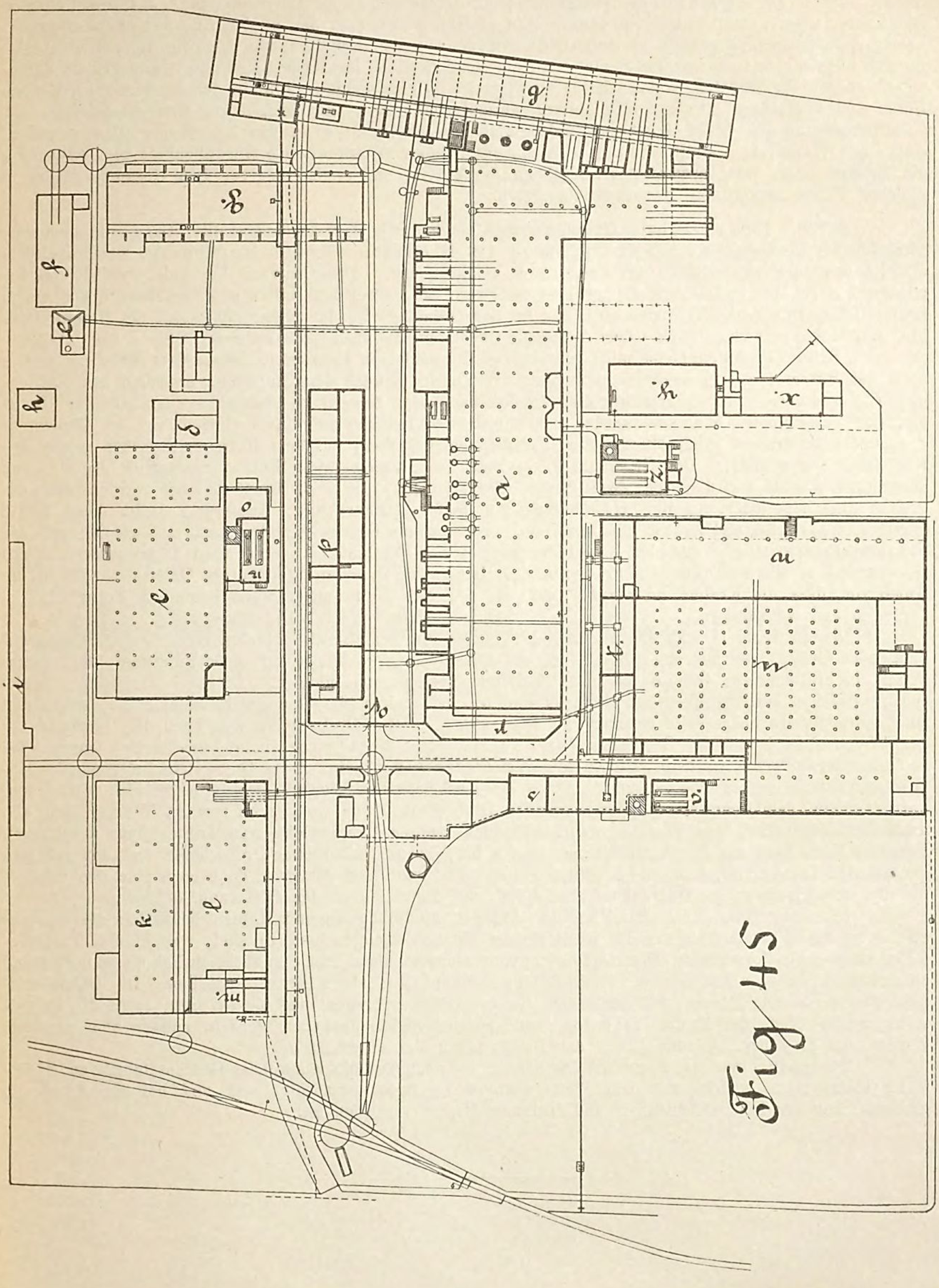


Fig 45

hütte zeigt in der Anordnung der dortigen Nebenbetriebe (vergl. die Baulichkeiten *r, s, t, u* des Planes) das Muster einer geeigneten Verbindung. Man ersieht leicht, dass der in der Axe des alten ursprünglichen Hochofenwerkes gelegte schmalspurige Schienenweg den Roheisenplatz *i*, sowie die Verladegeleise für das Roheisen 0, 0, überschreitet und dann die Nebenbetriebe in gleicher Richtung weitergehend durchzieht. In den Werkstätten, welche dieses eine Geleise durchschneidet, sowie in den dazwischen liegenden Höfen und Vorplätzen, zweigen sich andere, normal zum ersten und parallel zur Hauptausdehnung der Hilfswerkstätten gerichtete Geleise ab, indem glatte Wechselplatten an den Kreuzungsstellen eingelegt sind. Die Werkstatt *r* stellt eine die Schmiede und Schlosserei enthaltende Gebäulichkeit vor, während *s* die Eisengiesserei mit Darrkammern, Krahnen darstellt; *t* und *u* sind andere, dem Gesammtbetrieb in gleicher Weise zugeordnete Nebenbetriebsstätten.

§ 228. Eine musterhafte Gesammtanlage bietet die in Fig. 45 dargestellte, 1875 aufgenommene Situation der Eisengiesserei und Maschinenfabrik von H. Gruson, Buckau-Magdeburg, welche seitdem allerdings wieder wesentliche Vergrösserungen erfahren hat. Das Centrum der Anlage wird von der Giesserei *a* gebildet, welche die früher bereits erwähnten zahlreichen Hallen mit Sheddächern und einem umfänglichen Brückenkrahnbetrieb enthält. An der Ofenlangseite der Hütte zieht sich ein Hauptgeleise hin, von dem aus, sowohl nach jedem der sechs Cupolöfen, als auch nach mehreren Stellen der entgegengesetzten Seite sich Seitengeleise mit Drehscheiben angeschlossen abzweigen. Ausserdem führt ein Strang nach der Putzerei *q*, ein anderer durch eine Art Thorhalle nach dem Hofraum, zwischen den Ateliers *p, g, f, d* und ein dritter Querstrang geht in den nach vorn (unten) zu angeschlossenen, mit drei Darrkammern versehenen Anbau und kreuzt sich mittelst Drehscheibe mit einem vierten, von der Cupolofengruppe des Gussraums *b* herabkommenden Strang, welcher dann auf dem Hofraum zwischen *a* und der Kesselschmiede *y* endet. Der Gussraum *b*, in welchem die schwersten Stücke, namentlich die Panzer hergestellt werden, wird durch zwei riesige Gerüstwinden, die mit Dampf bewegt werden und auf breiten Geleisen jederseits der Hüttenlangseiten laufen, beherrscht. Ausserdem steht diese Hütte durch breite Geleise und Drehscheiben mit dem breitspurigen Geleiseweg überhaupt und speciell mit der Panzermontirungshalle *g* und dem Coquillenschuppen *f* in Verbindung. Aus allen Darrkammern dieses Giessraumes *b*, wie auch aus den grösseren des Giessraums *a* laufen breitspurige Geleise soweit in die Hütte vor, dass die Krahne im Stande sind, die auf den Darrkammerwagen liegenden Formtheile zu ergreifen und wegzuheben.

Die Dreherei *u* und die Montage *w*, ferner die Schleiferei *t*, bilden ein grosses, zusammenhängendes Ganze, welches einerseits durch ein schmalspuriges Geleise mit dem Putzraum, andrerseits durch ein breitspuriges Geleise mit dem Verladungsnetz zusammenhängt. Dieses letzterwähnte breitspurige Geleise läuft zwischen den Baulichkeiten *u, t, r, q* einerseits, und der Kesselanlage *r*, sowie den Bleiumgusshäusern andrerseits entlang und setzt sich über eine Drehscheibe weg nach dem Gebäude für den Weichenbau *k* und der Geschossdreherei *l* fort, welche beide durch ein anderes breites Quergeleise von einander getrennt werden. Hinter dem Weichenbau *k* läuft ein letztes Quergeleise, mit jenem ebenfalls durch eine Drehscheibe verbunden, längs der Rückseite der Schmiede nach einer seitlich, neben dem Fallwerk und dem Coquillenschuppen liegenden Drehscheibe, von wo aus im rechten Winkel sich ein, nach dem Vordertheil des Werkes zurückkehrendes zweites Längsgeleise von breiter Spur anschliesst. Dasselbe läuft hart am Panzermontirungsraum *g* hin, kreuzt dabei eine Drehscheibe und das mittlere breitspurige Quergeleise, welches bis in den Panzergiessraum *b* sich fortsetzt, dann noch eine Drehscheibe, die das erste breitspurige Quergeleise abschliesst, und führt bis an den Giessraum *a* hinein.

Die sonstigen, durch den Plan der Anlagen hindurchgezogenen Linien bedeuten: die ausgezogenen die Wasserleitungen; die punktirten die Gasleitungen und es sind, was hier z. Th. wegfallen musste, die Verschlüsse, Theertöpfe etc. genau eingezeichnet. Noch ist rücksichtlich einzelner Räume zu erwähnen, dass *x* das Bureau, *i* der Geschossschuppen, *m* ein Magazin vorstellen. Die Oekonomiegebäude (rechts vom Bureau) mit Restaurant für das Beamtenpersonal und die Arbeiter, sowie die Privatwohnung des Chefs der Firma (links von *v* und *u*) sind nicht angegeben worden, müssen aber erwähnt werden, um die einspringenden Ecken der Benutzungsfläche zu erklären.

Bezüglich einer sehr guten Disposition ist noch auf die Königliche Geschossfabrik zu Siegburg hinzuweisen, welche mit dem Raum weniger zu sparen genöthigt war und bei der Alles mit grossem Sinn für Uebersichtlichkeit und Ordnung disponirt worden ist.

Viertes Buch.

Die Darstellung des schmiedbaren Eisens.

Vorbemerkungen.

§ 1. Da sich die werthvollsten technischen Eigenschaften des Eisens nur in seinen als schmiedbar zu bezeichnenden Verbindungs- und Darstellungszuständen finden, so nehmen die auf die Herstellung dieser Zustände gerichteten Processe ein hauptsächliches Interesse in Anspruch.

Das Rohmaterial zur Herstellung der schmiedbaren Eisensorten ist das Hochofenprodukt: das Roheisen, wiewohl in den allerersten Anfängen der Eisenfabrikation und stellenweise bis in die neuere Zeit herab auch direkt aus Erzen schmiedbare Produkte gewonnen wurden.

Es ist aber auf die Dauer niemals gelungen, die direkten Processe mit dem indirekten Weg in Concurrenz zu bringen, bezw. darin zu erhalten, weil es bis jetzt nicht gelang, dem direkten Weg die grosse Organisation und die Massenproduktivität des indirekten Verfahrens zu geben. Da aber bis in die allerneueste Zeit immer wieder Versuche in grösserem Umfang angestellt werden, welche auf die Benutzung des direkten Weges für besondere Verhältnisse und Conjunkturen hinzielen, ist eine kurze Berücksichtigung der ältesten, älteren und neuen Methoden des direkten Weges nicht wohl zu umgehen, zumal einige Lehrbücher der Beschreibung desselben einen sehr grossen Raum gönnen.

Während die Erzverarbeitung auf schmiedbares Eisen sonach den Boden des Experiments kaum verlassen hat, zeigt die Roheisenverarbeitung auf schmiedbare Produkte, ebenfalls in neuester Zeit, eine riesige Entfaltung, deren ökonomischer Einfluss noch gar nicht abzusehen ist, weil eine Reihe neuer Anlagen jetzt und in den nächsten Jahren erst in Betrieb kommen sollen und weil sich der Einfluss dieser Produktionssteigerung erst geltend gemacht haben muss, ehe man die Wirkung sicher beurtheilen kann.

Die Processe, mittelst deren man aus dem Roheisen schmiedbare Produkte herstellt, die Frischprocesse, liefern wesentlich zweierlei Produkte hinsichtlich der mechanischen Beschaffenheit: feste Produkte in schweissbarem Zustand und flüssige Produkte in vollkommen beweglichem Zustand.

Man hat sich zum Theil dahin geeinigt, die erstgenannten Produkte als Schweisseisen, Schweissstahl, die zuletzt angeführten dagegen als Flusseisen, Flussstahl zu bezeichnen und dadurch die Unterschiede der Struktur gleich in der Benennung hervorzuheben.

An die Frischprocesse schliessen sich einige andere Darstellungsprocesse, die sich auf Stahlsorten vorwiegend beschränken und welche auf der Kohlung ganz kohlearmer oder nahezu kohlefreier Eisenfabrikate oder auch eben reducirter Eisenschwämme beruhen und als Kohlungsprocesse zu bezeichnen sind.

Da diese Kohlung in manchen Fällen durch Zusätze von Roheisen zu Stabeisen- und Stahlabfällen bewirkt wird, so sind die Kohlungsprocesse nicht ohne gleichzeitigen Frisch-, d. h. Entkohlungsprocess ausführbar und es kommen auch bei echten Frischprocessen Rückkohlungen vor, die aber stets im engsten Zusammenhang mit den Frischprocessen zu betrachten und davon wohl in der Besprechung nicht zu trennen sein werden, wie das leider von mancher Seite mit einer Consequenz geschehen ist, die eines besseren Zieles würdig gewesen wäre.

§ 2. Alle die aus den angeführten Fabrikationsprocessen hervorgehenden Rohprodukte bedürfen einer Verfeinerung durch bestimmte Formgebung, wobei gleichzeitig eine Homogenisirung Platz greift, wenn nicht, wie bei den flüssig erhaltenen Rohprodukten die Textur schon eine der homogenen sich beträchtlich nähernde ist. Man umfasst die sämmtlichen, hierher gehörenden Arbeitsmethoden als

Vollendungsarbeiten und es bestehen dieselben vorzugsweise aus Schmiede-, aus Walz- und aus Ziehproceduren, an die sich dann die Nebenarbeiten der Scheeren, der Lochmaschinen und andere Hülfsvorrichtungen anschliessen.

Hiernach sind am Besten drei Hauptabtheilungen zu machen, deren jede wieder in mehrere Abschnitte zerfällt.

Erste Abtheilung. Die Darstellungsprocesse des schmiedbaren Eisens.

Umfasst: Uebersicht derselben in theoretischer Beziehung; Einrichtung und Betrieb der zur direkten Fabrikation aus Erzen, zur Fabrikation aus Roheisen und zur Darstellung mittelst Legirungs- und Kohlungsarbeiten, sowie sonstiger combinirter Processe nothwendiger Anlagen.

Zweite Abtheilung. Die Vollendungsarbeiten des schmiedbaren Eisens.

Umfasst: Uebersicht der sämmtlichen hierher gehörigen Vollendungsprocesse; Anlage, Einrichtung und Betrieb der Hämmer und Walzwerke; der Züge für Draht und Rohre; der Verzinkung, Verzinnung, Verkupferung, sowie der sonstigen Verschönerung der verschiedenen Waaren.

Dritte Abtheilung. Die Anordnung und Ausführung der ganzen Anlagen.

Umfasst: Gruppirung der Haupt- und der Nebenbetriebe; gegenseitige Lage und Verbindung; Abhängigkeit von Terrainverhältnissen und Verkehrswegen; Transportverhältnisse.

Erste Abtheilung.

Die Darstellungsprocesse des schmiedbaren Eisens.

§ 3. Die Darstellungsprocesse des schmiedbaren Eisens an sich, also die Einrichtung und die Führung des Verlaufs derselben bis zum Stadium des ersten, in der chemischen Qualität fertigen, in jeder anderen noch unfertigen Rohprodukts, sind, wie schon die Vorbemerkungen andeuteten, sehr verschieden, jenachdem es sich um die Herstellung aus Erzen, aus Roheisen oder anderen Materialien handelt, jenachdem also Reduktions-, Oxydations- und Kohlungsprocesse oder gar Combinationen von allen diesen Processen und Reaktionen vorhanden sind.

Da alle diese Processe doch von ziemlich einfachen theoretischen Grundlagen und von bestimmten Verwandtschafts-Verhältnissen des Eisens ausgehen und da sie sich in vielen Punkten berühren und ergänzen, so wird es sich empfehlen, der Einzelbehandlung eine kurze theoretische Zusammenstellung der sämmtlichen in Betracht kommenden Processe und Reaktionen vorangehen zu lassen.

Dieser zum Theil auch bereits technische Details berührenden Einleitung, welche die Wiederholung theoretischer Notizen vermeiden helfen soll, folgen dann die Einzeldarstellungen von der Anlage und dem Betrieb der zur Ausführung aller vorgetragenen Operationen erforderlichen Einrichtungen.

Es gruppirt sich hiernach der gesammte Stoff dieser Abtheilung wie folgt:

Erster Abschnitt. Uebersicht der Darstellungsprocesse; Theorie derselben.

Zweiter Abschnitt. Anlage und Betrieb der zur Ausführung des direkten Processes erforderlichen Einrichtungen.

Dritter Abschnitt. Anlage und Betrieb der zur Ausführung der sämmtlichen Frischprocesse erforderlichen Einrichtungen.

Vierter Abschnitt. Anlage und Betrieb der zur Ausführung der sämmtlichen Legirungs- und Kohlungsprocesse, sowie sonstiger combinirter Darstellungsprocesse erforderlichen Einrichtungen.

Erster Abschnitt.

Uebersicht der Darstellungsprocesse; Theorie derselben.

Vorbemerkungen.

§ 4. Da sich in den hier zu behandelnden Darstellungsprocessen das Eisenmetall als ein sehr empfindliches Element gegenüber mannigfaltigen, durch Temperatur, durch Massenverhältnisse noch weiter modificirten Einflüssen zeigt, so ist es am Platz, diejenigen Beziehungen, welche durch sichere Versuche begründet sind, unter Abschälung aller nebensächlichen und complicirenden Umstände klarzustellen. Dieses System der vergleichenden Betrachtung muss ein ganz anderes sein, als beim Hochofenprocess, weil hier eben andere Verhältnisse mitwirken, wenn auch auf den ersten Blick die Mehrzahl der hier zu betrachtenden Processe nichts weiteres scheinen als ein Rückschritt, ein Rückwärtsgehen auf der Bahn, welche das Eisen im Hochofenprocess zu durchlaufen hatte.

In der That bezwecken z. B. die Frischprocesse lediglich die Oxydation der durch Reduktion im Hochofenprocess in das metallische Produkt übergetretenen Nebenbestandtheile des Roheisens, eine Oxydation, an welcher auch ein grosser Theil der metallischen Substanz selbst Theil nimmt. Je mehr im Hochofen fremde Stoffe in das Roheisen übergehen, desto mehr sind beim Frischen auf schmiedbares Eisen auch wieder zu oxydiren.

Aus dem Bestreben, diesen Umweg zu vermeiden, gehen die wiederholten Versuche hervor, die den ursprünglichen Ausgangspunkt für die Hochofenprocesse bildenden alten Rennfeuerprocesse wieder neu zu beleben und den modernen Anforderungen an Organisation und Betrieb solcher Apparate entsprechend umzuändern und zu gestalten. Besonders hoffte man dabei verschiedene, der allseitigen Verwerthung der Hochofenprodukte hinderliche Vorgänge und Verunreinigungen des Roheisens zu vermeiden, bezw. zu umgehen.

Man gelangte durch das Studium der sämmtlichen, bei diesen verschiedenen Processen nachweisbaren Vorgänge schliesslich zur Feststellung bestimmter Erfahrungssätze für das Verhalten des Eisens, die aber leider noch nicht in hinlänglicher Menge vorhanden sind, um dasselbe in jeder Hinsicht und Richtung klar zu stellen; man fand aber dennoch, dass zwischen den Erscheinungen der Processe ein gewisser Zusammenhang existirt, der auf gleichen Eigenschaften der Grundsubstanzen beruhen müsste.

Zum theoretischen Studium der sämmtlichen Processe der Darstellung schmiedbaren Eisens ist deshalb zunächst eine Darlegung aller bekannten und experimentell hinlänglich genau festgestellten Beziehungen des reinen Eisens erforderlich, aus denen sich dann die theoretische Darlegung der Processe selber bequem zu entwickeln vermag.

§ 5. Es entstehen dadurch die folgenden Kapitel:

1. Kapitel: Von den Eigenschaften des Eisens und seinem Verhalten gegen die Elemente und Verbindungen, welche mit ihm im Verlauf der Hüttenprocesse des schmiedbaren Eisens in Beziehung treten können.
2. Kapitel: Theorie und Verlauf der Rennfeuerprocesse.
3. Kapitel: Theorie und Verlauf der Frischprocesse.
4. Kapitel: Theorie und Verlauf der übrigen Darstellungsprocesse.

1. Kapitel.

Von den Eigenschaften des Eisens und von seinem Verhalten gegen die Elemente und Verbindungen, welche mit ihm im Verlauf der Hüttenprocesse des schmiedbaren Eisens in Beziehung treten können.

§ 6. Bei der Darstellung des schmiedbaren Eisens begegnet man so vielen Einflüssen verschiedener Art, die alle auf das Einschneidendste das Resultat der Arbeit berühren, dass es wichtig erscheint, ehe die theoretischen Vorgänge der verschiedenen Darstellungsmethoden besprochen werden, das Wenige, was über die Eigenschaften und Einzelbeziehungen des Eisens zu den in Frage kommenden Elementen und Verbindungen bekannt ist, zusammenzustellen und zu versuchen, wie weit sich der sonst bewährte Weg, alle die Wahrnehmung trübenden Nebenumstände eines Vorganges zu eliminiren, hier verfolgen lässt. Namentlich sollen die synthetischen Versuche Einzelner betrachtet und von neuem zusammengestellt werden, weil sie allein eine gewisse Sicherheit in der Beurtheilung der einzelnen Beziehungen zu geben vermögen; bei den Vorgängen in der Praxis wirken so vielerlei von diesen Einzelbeziehungen nebeneinander, dass es schwer ist, durch bloss logische Analyse sich das innere Getriebe jener Vorgänge zurechtzulegen und es zu deuten.

Die Wurzel der Erkenntniss liegt dabei zunächst in der Ermittelung der Beziehungen des reinen Eisens selber. Obwohl in den praktischen Arbeiten der Stabeisen- und Stahlwerke absolut reines Eisen das Ziel der Fabrikation nicht sein kann und nie sein wird, so nähern sich doch die Produkte mancher der betreffenden Processe dem Zustand vollkommener Reinheit soweit, dass jene für das ganz reine Eisen experimentell etwa ermittelten Beziehungen auch bei diesen Processen und ihrer Erklärung zu berücksichtigen sind.

Wie sich diese einfacheren Beziehungen compliciren, wenn sie zusammen auftreten, wie die Reaktionen sich ändern, wenn irgend ein bestimmtes einflussreiches Element nicht mehr reines, sondern irgendwie mit Kohlenstoff, Silicium etc. etc. verbundenes Eisen vorfindet, lässt sich folgerichtig erst dann anschliessen.

Die physikalischen und mechanischen Consequenzen der Gegenwart einzelner oder mehrerer Nebenbestandtheile im Eisen ergeben sich dabei gelegentlich; sie zusammenzufassen verbietet die augenblicklich noch recht grosse Unvollständigkeit einschlägiger Versuche und besonders die noch lange nicht vollendete Gestaltung der neuen Converterprocesse, deren Produkte auch noch zu kurze Zeit in Benutzung sich befinden, um wirklich abschliessende Resultate zu geben. Bedeutende Versuche werden indess nicht allein in ihrem Resultat, sondern auch in ihrem ganzen Gang unter Angabe der Mengen etc. an benutzten Bestandtheilen zu geben sein, weil daraus für den Betriebsmann sehr leicht die Anleitung zu weiteren Versuchen sich ergeben kann und weil die Methode solcher Versuche ausserordentlich wichtig für den Werth derselben ist.

Bei einem trotz mancher Versuche noch immer so unbekannten Terrain ist es erforderlich, nur schrittweise voranzugehen und alle übereilten Sprünge zu vermeiden; diese Vorsicht wird eine gewisse Breite der Darstellung nöthig machen, aber auch rechtfertigen. Dafür ist die Breite, mit welcher sich manche Lehrbücher in veralteten, vollkommen verschwundenen Betriebsdetails, die nicht einmal mehr ein besonderes theoretisches Interesse gewähren, ergehen, ebenso streng zu vermeiden, als die diktatorische Einsilbigkeit Anderer, die dem Praktiker nur nackte Wahrheiten in sehr allgemeiner Form bieten.

A. Das reine Eisen, seine Eigenschaften und seine Beziehungen zu verschiedenen Substanzen.

§ 7. Ganz reines Eisen ist ein ausserordentlich empfindlicher Körper gegen eine Reihe von Elementen und Verbindungen und diese Empfindlichkeit steigt mit der Temperatur, der man das zu beobachtende Eisen aussetzt. Daraus geht hervor, dass man sich nicht wundern darf, wenn im Bereich der die höchsten Temperaturen erfordernden Darstellungsprocesse des schmiedbaren, d. h. reinsten Eisens eine absolute Trennung der Nebenbestandtheile unausführbar ist und auch im reinsten Produkt solcher Processe Rückhalte dieser Nebenbestandtheile vorkommen und nachzuweisen sind.

Auf metallurgischem Weg undarstellbar, kann absolut reines Eisen nur durch Erhitzung von Stickstoffeisen, Eisenoxyd oder Eisenchlorid in Wasserstoff erhalten werden, oder durch galvanische Fällung aus Eisensalzlösungen in Gegenwart bestimmter Substanzen.

Abgesehen von galvanoplastischen Zwecken findet das reine Eisen keine Verwendung, konnte aber in hinlänglicher Menge dargestellt werden, um sein Verhalten an sich und gegen verschiedene metallurgisch wichtige Einflüsse zu untersuchen.

In höhere Temperaturen gebracht, zeigte es sich als höchst strengflüssig, eine Eigenschaft, die technisch irrelevant geworden, seit man theils durch verbesserte Feuerungsanlagen, theils durch Ausnutzung intermolecularer Wärmeproduktionen die Schmelzhitze vieler früher als unschmelzbar geltenden Substanzen erreichen lernte.

Gleichzeitig aber zeigte das ganz reine Eisen eine sehr grosse Empfindlichkeit gegen die Bestandtheile der erhitzenden Flammen und es wurde in dieser Hinsicht durch Versuche von Caron folgendes festgestellt:

Das in Quantitäten von 50—150 gr mit Hilfe des Schlösing'schen Knallgasbrenners und im Wasserstoffstrom geschmolzene reine Eisen war stets vollkommen blasenfrei und zeigte das höchste der bei Eisen beobachteten specifischen Gewichte, d. h. 7,880. Dabei war das Schmelzprodukt weich und hämmerbar bei Rothglühhitze, ohne dass besondere Vorsichtsmaassregeln nöthig gewesen wären; das Eisen hatte in dieser Hinsicht grosse Aehnlichkeit mit reinem Kupfer, auch liess es sich in der Kälte vollkommen ausziehen. Bei diesen Arbeiten nahm das specifische Gewicht ab, sodass das geschmiedete Eisenstückchen 7,868, das zu Draht ausgezogene 7,847 Dichtigkeit zeigte.

Wurde das reine Eisen in einem Tiegel geschmolzen, also unter dem Einfluss einer leicht oxydirenden Atmosphäre (auch wenn der Schlösing'sche Brenner einen Ueberschuss von Wasserstoff führte), so erhielt man einen weit härteren Guss, dessen Bruchfläche ein grobes glänzendes Korn zeigte, dem Bruch des verbrannten oder durch langdauernde Erschütterungen krystallinisch gewordenen Metalls entsprechend. Das so behandelte Eisen ist selbst in Rothgluth schwer auszuziehen, und kann nur bei Schweisshitze ohne Risse und Sprünge ausgeschmiedet werden. Beim Erstarren im Tiegel zeigt sich ein starkes Schwinden und oftmals ein deutliches Lunkern, und Bildung einer Höhlung mit glänzenden Wandungen. Die Gegenwart des Sauerstoffs in einem solchen Guss wird dadurch bewiesen, dass schmale Spähne desselben, im Wasserstoffstrom erhitzt, Wasser geben und dabei eine deutliche Gewichtsverminderung erfahren. (Comptes rendus 70, pag. 1263.)

§ 8. Eine ganz ähnliche Empfindlichkeit, wie gegen eine sauerstoffhaltige Atmosphäre, zeigt das vollkommen reine Eisen gegen kohlehaltige Atmosphären. Es ist unmöglich, chemisch reines Eisen in einer mit Hilfe von Leuchtgas gebildeten Knallgasflamme zu schmelzen, ohne das Eisen kohlenstoffhaltig zu machen, vorausgesetzt natürlich, dass die Flamme einen Ueberschuss von Sauerstoff enthielt. Auch die Erfahrungen des Hochofenbetriebes ergaben die Raschheit der Aufnahme von Kohle durch das eben reducirte Eisen, den Eisenschwamm, denn schon der kühlere Schmelzgang der Hochöfen producirt ein mit Kohle nahezu gesättigtes Roheisen, das Spiegeleisen. Hierbei wird der Kohlenstoff vermuthlich aus dem dissociirten Kohlenoxyd genommen, dessen Existenz im Hochofen durch das von Gruner u. A. zuerst discutirte Vorkommen von Kohleausscheidungen in kühleren Zonen des Schachtes wahrscheinlich wird.

In welchem Maasse selbst compaktes, nicht als Schwamm vorhandenes Eisen gegen Kohlenstoff empfindlich ist, beweist der zur Darstellung des besten Stahles seit fast anderthalb Jahrhunderten in Ausführung befindliche Cementationsprocess des geschmiedeten, im industriellen Sinn reinen Eisens.

Stäbe von fast vollständig entkohltem, sehr weichen und zähen Eisen, in grobem Kohlenpulver verpackt, längere Zeit einer langsam steigenden und dann ebenso langsam wieder fallenden Glühhitze ausgesetzt, verwandeln sich in kohlenstoffhaltiges Eisen, ohne dass eine Veränderung des Aggregatzustandes einzutreten braucht.

Dass eine Kohlung des Eisens auch stattfindet, wenn man kohlereiches Eisen mit kohlefreiem oder kohlearmem Eisen in flüssigem Zustand zusammenbringt und innig vermischt, ist eigentlich selbstverständlich; es ist aber mehr eine Vertheilung eines in einer relativ geringen Menge Metall concentrirt gewesenen Kohlenstoffgehalts, in einer grösseren Menge kohlearmen Metalls. Eine vollkommene Lösung wird dabei nicht vorausgesetzt werden können, weil es thatsächlich sehr schwer ist, unter solchen Fällen eine bestimmte Homogenisirung herbeizuführen, eine solche vielmehr immer noch von anderen Reaktionen mit unterstützt werden muss, wie das bei der näheren Besprechung des Martin-Processes noch auszuführen sein wird.

Das reine Eisen, wie es sich bei den Reduktionsprocessen der Eisenerze bildet, ist in den ersten Stadien seiner Existenz gegen andere Stoffe unempfindlich, weil die Bedingungen noch nicht vorhanden sind, unter denen die betreffenden Stoffe aus ihren Verbindungen (Sauerstoffverbindungen) frei werden. Aus den, Bd. II, S. 17—18, § 37—40, dargelegten Zersetzungsverhältnissen der Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kieselsäure, sowie der verschiedenen Metalloxyde geht hervor, dass nur in sehr hohen Temperaturen die Radicale jener Verbindungen an das Eisen übergehen können. Diese Temperaturen erreicht das im Hochofen anfänglich gebildete reine Eisen meist sehr spät, nachdem es fast vollständig gekohlt ist und nur bei sehr leichtflüssigen und sehr schwer reducirbaren Erzen (z. B. Frisch- und

Schweissschlacken) kann man eine direkte Verbindung von frischreducirtem Eisen mit Phosphor, bezw. Silicium, Mangan, annehmen. Gewöhnlich ist das Eisen bereits gekohlt, wenn es in das Stadium der Reduktion jener Säuren und Oxyde tritt und es spielen sich dann die Ausscheidungsprocesse des graphitischen Kohlenstoffes ab, welche bereits früher charakterisirt wurden.

§ 9. Es liegen aber auch noch Versuche vor, welche die Empfindlichkeit des reinen oder nur schwach gekohlten Eisens gegenüber jenen Substanzen darthun und welche für die Erfolge der in diesem Buche vorzugsweise zu betrachtenden Entkohlungsprocesse von Wichtigkeit sind.

So sind Versuche bekannt, welche von Caron u. A. angestellt sind, um die Einwirkung von geschmolzenem, reinen oder nur schwachgekohlten Eisen auf kieselsäurereiche Materialien zu untersuchen. Es hat sich gezeigt, dass geschmolzenes Eisen schon bei seinem längeren Verweilen in Tiegeln, vielmehr aber noch bei dem Verweilen in der Bessemerretorte oder auf dem Herd eines Gasofens im Siliciumgehalt zunimmt. Dass diese Aufnahme bei den reinsten Sorten, d. h. nach der Entfernung aller Unreinlichkeiten und Nebenbestandtheile vorkommt, ist leicht erklärlich und dass somit ein ganz entsilicirtes und entkohltes Eisen später wieder Silicium in veränderlichem, uncontrolirbaren Maasse aufnimmt, wird eben durch die angeführten Experimente bewiesen.

Die Kieselsäure der Tiegel- und Ofenwände und der Herde wird sowohl vom Eisen als auch vom etwaigen geringen Kohlenstoffgehalt desselben reducirt und bildet einerseits Siliciumeisen, andrerseits Kohlenoxyd, bezw. Eisenoxydul, das wiederum zu einer Silicatbildung beiträgt.

Wie auch die Kieselsäurereduktion verlaufen mag, ob auf die eine oder die andere Art, wird man doch nie den Gedanken zurückweisen dürfen, dass in längerem Contakt von Eisen und Silicaten, bezw. Kieselsäure eine Veranlassung zur, wenn auch nur geringen Silicirung des Eisens gegeben ist.

§ 10. In ganz ähnlicher Weise vermag das reine, d. h. kohlearme Eisen auf die Phosphorsäure einzuwirken, wiewohl auch hierbei eine Theilung der Reduktionsarbeit zwischen dem metallischen Eisen und dem Kohlenstoff stattfinden dürfte. Die später ausführlich zu schildernden Vorgänge bei den Entphosphorungsprocessen geben zu der vorhergehenden Behauptung reiche Beweise. Man weiss, dass phosphorsäurereiche Schlacken sehr rasch bei länger dauerndem Contakt mit entsilicirtem und allmälig entkohlendem Eisen, wieder Phosphor zurückgeben und dass deshalb schon von Alters her die Frischschlacken nach Ablauf einer gewissen Periode aus dem Process entfernt wurden. Aus dem gleichen Grunde konnten in solchen Frischprocessen, in denen die Schlacken nicht eliminirt zu werden vermochten, über ein gewisses Maass hinaus keine phosphorhaltigen Roheisensorten Verwendung finden.

Durch Versuche festgestellt ist hierbei nur folgendes: 4,7 gr Kalkphosphat mit 2,5 gr Eisendraht wurden in einem Tiegel zusammen bis zur Schmelzhitze des Gusseisens erhitzt, wobei sich ein compakter Eisenkönig von 1 gr ergab, der 89,125/$_{00}$ Eisen und 10,823/$_{00}$ Phosphor enthielt. Der Kohlenstoffgehalt des Eisens (0,4/$_{00}$) würde nur 0,015 gr Phosphor reducirt haben, während thatsächlich 0,10823 gr reducirt sind. Es sind mithin wenigstens 0,0923 gr durch das metallische Eisen reducirt worden und zwar aus dem Kalkphosphat (Brackelsberg im metallurgischen Laboratorium zu Aachen).

Versuche von Ackermann (1876. B. und H.-Z. von Kärnthen) und Percy bestätigen im Wesentlichen das Ebengesagte, indem sie eine sehr starke Verwandtschaft des Phosphors zum Eisen und eine Beständigkeit des Phosphoreisens $Fe_4\ P_2$ (die schon Freese ermittelt hatte) erkennen liessen.

Auch andere Versuche ergeben die starke Verwandtschaft von Phosphor und Eisen und den nur geringen Einfluss, den in einer reducirenden Atmosphäre von sehr hoher Temperatur die Verwandtschaft der Phosphorsäure zu einzelnen starken Basen haben*).

Diese Reducirbarkeit der Phosphate überhaupt durch metallisches Eisen, wird noch durch die genannte, zum Theil sehr alte Praxis der Frischer und Puddler bewiesen, die Schlacken des von ihnen ausgeführten Frischprocesses in einem gewissen Zeitpunkt aus dem Raume zu entfernen, in welchem der Process sich abspielt. Sobald das Eisen ein gewisses Stadium der Entsilicirung, Entkohlung und Entphosphorung durchgemacht und eine gewisse Reinheit an allen im Roheisen vorhanden gewesenen Neben-

*) In den Comptes rendus A. 57, S. 167 wird eine Notiz von H. Caron betreffend die Elimination des Phosphors in den verschiedenen Roheisensorten mitgetheilt, aus der hervorgeht, dass das Roheisen den Phosphor zum allergrössten Theil absorbirt, der (in Form von Phosphorsäure) dasselbe zur Zeit seiner Bildung umgibt, besonders, wenn die Schlacken kieselhaltig sind. Rheinischer Spatheisenstein (Bendorf) wurde in einem gefütterten Tiegel mit Kohle, welcher Kalkphosphat beigemischt war, reducirt, wobei der Zusatz von Kalkphosphat so berechnet war, dass das resultirende Eisen 1/$_{00}$ P ungefähr aufnehmen musste.

Bei einer Beschickung des Erzes mit	15/$_{00}$ SiO_2	enthielt der Regulus	0,92 P
„ „ „ „ „ „	10/$_{00}$ „	„ „ „ „	0,89 „
„ „ „ „ „ „	5/$_{00}$ „	„ „ „ „	0,87 „
„ „ „ „ „ „	0/$_{00}$ „	„ „ „ „	0,85 „
„ „ „ „ „ „	5/$_{00}$ $CaCO_3$	„ „ „ „	0,82 „
„ „ „ „ „ „	10/$_{00}$ „	„ „ „ „	0,82 „

Trotzdem diese Versuche eine gewisse Aussicht geben, einen Theil der Phosphorsäure in der Schlacke eines Eisenreductionsprocesses zurückzuhalten, so ist einerseits dieser Antheil so geringfügig, dass er ohne praktischen Werth erscheint; andrerseits aber beweisen die meisten Hochofenbetriebe, dass in denselben aller Phosphor in das Eisen geht. Sind Phosphate in Hochofenschlacken nachgewiesen worden, wie neuerdings von Hilgenstock in Hörde, so rührt deren Vorhandensein von ganz besonderen Betriebsverhältnissen her, die noch weiter aufgeklärt werden müssen, namentlich durch gleiche oder ähnliche Beobachtungen von anderen Hochöfen (cf. Stahl und Eisen 1884, S. 2 u. ff.).

bestandtheilen erlangt hat, vermag es selbst reducirend aufzutreten und dann muss die den grössten Theil der Phosphorsäure enthaltende Schlacke entfernt sein.

Dass dieses in der Schlacke enthaltene Phosphat, Eisenoxydulphosphat ist, macht die Sache noch gefährlicher, weil dessen Reduktion direkt an Eisen gebundenen Phosphor liefert, der ohne Weiteres im Eisen sich vertheilen kann. Andrerseits ist die Verwandtschaft der Phosphorsäure zum Eisenoxydul eine hinlänglich grosse, um in der reichlichen Eisenoxydation und nachherigen Bildung des Oxydulphosphats ein sicheres Mittel der Entphosphorung erkennen zu lassen, das denn auch seit Jahren ausgenutzt wird, um unreine, namentlich phosphorreiche Eisensorten auf mittlere und geringere Eisenfabrikate verarbeiten zu können. Der Puddelprocess grosser und wichtiger Bezirke beruht in seiner Ausführung auf dieser Erfahrung, welche noch durch verschiedene Reaktionen bei Versuchen der neueren Zeit bestätigt, bezw. bewahrheitet wird.

Der eine dieser Versuche bestand darin, phosphorreiches Roheisen flüssig auf glühendes Eisenerz (Eisenoxyd oder Eisenoxydoxydul) zu leiten und, noch ehe es Zeit hatte zu erstarren, wieder abzustechen und entweder in einem Stahlofen oder in einem Puddelofen zu verwerthen. (Entphosphorungs-Patente, Lowthian Bell und Friedrich Krupp [Bender-Narjes].)

Der andere Versuch betraf die Reduktion geschmolzener, möglichst schlackenfreier Eisenerze durch eingerührtes Kohlenpulver, wobei sich direkt schmiedbares Eisen ausscheiden sollte und auch ausschied, wenn eben leichtreducirbare Erze genommen worden waren. Ein etwaiger Phosphorsäuregehalt der angewandten Erze blieb bei dieser ganzen Reduktionserscheinung unberührt und unangefochten, so dass man die Aussicht hatte, aus phosphorsäurereichen Erzen auf diesem Weg ein fast phosphorfreies Eisen herzustellen (direkter Process von Siemens).

Beide Versuche, die wiederholt ausgeführt worden, zeigen auf das Einleuchtendste, dass Phosphorsäure, sowohl in einem Oxydations- als auch in einem Reduktionsprocess des Eisens an einen Ueberschuss von Eisenoxydul gebunden, genügend lange indifferent bleibt, um eine Trennung der Schlacke und des Metalls ausführen zu können. Dass sie sich im Oxydationsprocess erst bildet, im Reduktionsprocess aber bereits existirt, macht den Werth dieser beiden Erfahrungsresultate für die Theorie noch grösser.

Doch nicht allein das Eisenoxydul, sondern auch Kalk und Magnesia vermögen die Phosphorsäure zurückzuhalten, wenn sie in hinlänglichem Ueberschuss vorhanden sind. Auf dieser längst vermutheten, doch entgegenstehender praktischer Schwierigkeiten halber erst vor wenig Jahren wirklich und thatsächlich erkannten Wahrheit, beruht die Ausführung des Converterprocesses mit phosphorreichem Roheisen und die Erzielung eines durchaus weichen, zähen und homogenen, von jedem Kaltbruch freien Produktes. (Thomas-Gilchrist'sches Entphosphorungsverfahren.)

§ 11. Das Verhalten des Eisens an sich, also auch des industriell reinen Eisens zum Schwefel ist nicht minder wichtig als das Verhalten zu den bisher betrachteten anderen Elementen. Die Verwandtschaft von Eisen und Schwefel ist bekanntlich eine sehr grosse und nur der Einfluss anderweitiger Verwandtschafts-Verhältnisse des Schwefels und einige Eigenthümlichkeiten der Schwefelverbindungen machen die Beziehung des Eisens zum Schwefel weniger verhängnissvoll als es früher die zum Phosphor war. Trotzdem, dass man Mittel besitzt, um den etwaigen Schwefelgehalt der Rohmaterialien bei der Fabrikation bis auf Spuren zu beseitigen, so verursacht die Anwendung dieser Mittel dennoch oft Schwierigkeiten in anderer Hinsicht, so dass der Schwefelgehalt des Eisens immer noch zu allerhand Weiterung Veranlassung gibt. Der meiste Schwefel, welcher in das Roheisen übergeht, befindet sich in den Beschickungen der Hochöfen als Schwefeleisen, gewöhnlich in der Form des Einfach-Schwefelmetalls, sobald die schwefelhaltigen Rohmaterialien eine Röstung oder wie die Steinkohlen oder Cokes, eine Behandlung in hoher Temperatur erfahren haben. Daneben kommen auch noch Sulfate vor, z. B. Gyps und Schwefelspath, die in reducirender Atmosphäre zu Schwefelcalcium und Schwefelbaryum umgeändert, Schwefel an das bereits reducirt vorhandene Eisen abgeben können.

Hiernach würde der Schwefelgehalt des Eisens entstehen:

1. durch Lösung oder Vertheilung von Schwefeleisen (eventuell auch Schwefelkupfer) in Roheisen;
2. durch Reduktion der im Hochofen aufgegebenen Sulfate und Zersetzung der sich bildenden Schwefelungsstufen der betreffenden Radicale durch metallisches Eisen.

Es ist anzunehmen, dass der zuerst angeführte Modus der bei weitem gefährlichere, weil sicher zum Ziele führende ist, während der zweite Modus nur dann auftreten kann, wenn die Schlacke aus irgend welchen Gründen zur Aufnahme von Schwefelcalcium und Schwefelbaryum ungeeignet ist.

Die Gefährlichkeit von Schwefelspath und Gyps ist früher vorzugsweise bei Holzkohlenhochöfen beobachtet worden, welche ja in der Regel mit sauren Schlacken zu arbeiten gewöhnt sind. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass solche Schlacken, bezw. ihre Kieselsäure die vorhergenannten Schwefelverbindungen wieder sprengen, Kalk und Baryt verschlacken und dass dadurch der freigewordene Schwefel leicht an das Eisen tritt. Diese Vermuthung wird corroborirt durch die allgemein bekannte Erfahrung der Cokeshochöfen, das Schwefelcalcium und Schwefelbaryum in einer hochbasischen Schlacke aufnehmen zu lassen und vor allen weiteren Einflüssen, die isolirend auf den Schwefel zu wirken ver-

möchten, zu behüten. Man begegnet in der jetzigen Praxis des Cokeshochofens überall der feststehenden Betriebsregel, den Einfluss der in den Rohmaterialien gewisser Provenienz nie ganz zu vermeidenden Schwefelgehalte durch eine basische Schlacke zu brechen und für das Hochofenprodukt thunlichst unschädlich zu machen.

Eine absolute Entschwefelung ist indessen trotz aller Vorsicht auf diesem einfachen Wege nicht möglich und man muss, sind besondere Anforderungen an das Produkt gestellt, auf andere Materialien zurückgreifen oder weitere auf Entschwefelung hinwirkende Reaktionen in den Eisenfabrikationsprocess einführen.

§ 12. Eine solche ist die Verwandtschaft des Mangans zum Schwefel und die Beständigkeit ihrer Verbindung charakterisirt sich dadurch, dass krystallisirte Ausscheidungen von Schwefelmangan und Schwefelcalcium bei Versetzungen angetroffen worden sind.

Dieser Beständigkeit ist es zuzuschreiben, dass die Gegenwart von Mangan in dem Möller der Hochöfen stets vermindernd auf den Schwefelgehalt des Roheisens, steigernd auf den der Schlacken einwirkt und es kommt als günstiger Umstand noch die Wirkung des Manganoxyduls auf den Schmelzpunkt der Schlacke hinzu, um den ganzen Entschwefelungsprocess zu sichern. Dass hierbei noch die Lösungsfähigkeit der Schwefelverbindungen in der Schlacke und andere Verhältnisse eine Rolle spielen, ist wohl kaum zweifelhaft, darf aber hier unerörtert bleiben.

Doch nicht allein beim Reduktionsprocess der Eisenerze, also durch Beeinflussung des gewissermaassen nascirenden Eisens von Seiten schwefelhaltiger, hocherhitzter und dadurch dissociirter Schwefelverbindungen, wirkt der Mangangehalt günstig ein; auch durch direkten Zusatz beim Umschmelzen schwefelhaltigen Eisens entzieht man, wie das Caron gezeigt hat (siehe weiter unten die Besprechung der Wirkung und der Einflüsse des Mangans), in sehr energischer Weise dem Eisen den allergrössten Theil des Schwefelgehalts.

Es wird nach dem Vorgetragenen wohl in den meisten Fällen gelingen, den Schwefelgehalt der Rohmaterialien an dem Uebertritt in das reducirte Eisen bis auf Spuren zu hindern. Ob die angewandten Mittel aber wegen der ihre Anwendung begleitenden anderweitigen Einwirkungen (Veränderung der Endtemperatur des Reduktions- und Schwefelprocesses durch Strengflüssiger- und Leichtflüssigerwerden der Schlacken und daraus hervorgehende Veränderung der Graphitausscheidungen und Veränderungen im Silicium- und Mangangehalt etc.) immer zulässig sind, kann auch ohne Bezugnahme auf die praktischen Erfahrungen bezweifelt werden.

Danach bieten schwefelhaltige Materialien immerhin Schwierigkeiten in ihrer Verwerthung und lassen oft nur ganz bestimmte und enger begrenzte Verwendungsarten zu, z. B. zu Giessereieisen, für welches sehr strengflüssige Schlacken nicht nur ohne Schaden, sondern sogar erwünscht sind.

Für Roheisensorten aber, welche keinen hohen Siliciumgehalt haben dürfen, welche also in ihrer Darstellung allzuhohen Hitzegraden nicht ausgesetzt werden dürfen, für Thomas-Eisen z. B., ist die Benutzung schwefelreicherer Materialien ausgeschlossen, da es unmöglich ist, anders als durch starke Manganzusätze ein nahezu schwefelfreies und siliciumarmes Produkt alsdann zu erzielen und da ein solcher Ausweg aus ökonomischen Gründen wohl nicht immer betreten werden kann.

§ 13. Was nun die Entfernung des Schwefels aus dem Eisen anlangt, so ist dieselbe durch Einwirkung von Sauerstoff, z. B. schon durch wiederholtes Erhitzen und Ausschweissen in Schmiedefeuern oder Schweissöfen möglich; bei den Frischprocessen des Roheisens finden ähnliche Vorgänge statt, indessen geschieht dies nie ohne grosse Opfer an Metall selbst und an Brennstoff, von den Zeitverlusten ganz abgesehen. Da bereits sehr kleine Mengen von Schwefel ungünstig auf das ganze Verhalten des Eisens einwirken, so ist die Entfernung des lästigen Gehalts bei dem Schwefel viel schwieriger als bei den schon erwähnten anderen Bestandtheilen und es ist erklärlich, warum man in früherer Zeit, als man meist mit sauren Schlacken das Roheisen erblies, einzelne Hochofenprodukte als vollkommen ungeeignet selbst zur Stabeisenbenutzung erkennen musste. (Vgl. in älteren Werken die Mittheilungen über die Hochöfen von Orzesche u. A. in Oberschlesien, über die Meyer'schen Anlagen in Süd-Thüringen, die älteren Anlagen im Plauenschen Grund u. A.) Das ist jetzt freilich anders und eine positive technische Unmöglichkeit in solcher Hinsicht existirt nicht mehr, wohl aber treten ökonomische Schwierigkeiten auf.

Auf früher angewandte Mittel, Puddeln mit Blei, Anwendung des Schafhäutl'schen Pulvers, Chlornatriumzusätze etc., ist kaum mehr einzugehen, da sie nicht allein früher nur unbedeutende Erfolge gehabt, sondern auch für einen grossen Maassstab, wie ihn die heutige Industrie jetzt als allein nutzbar ansieht, absolut unanwendbar sind. In älteren Handbüchern finden sie sich so genau verzeichnet, dass man sie leicht aufsuchen kann; neuere Lehrbücher technischer Fächer sollten höchstens das den alten Vorschlägen zu Grunde liegende wissenschaftliche Faktum erwähnen, nicht aber, wie das so oft noch geschieht, mit dem Detail der vergeblichen Versuche auf 8 Seiten den Leser behelligen (während Ledebur auf S. 285 seiner Eisenhüttenkunde, vielleicht etwas zu knapp, die wirksamen Mittel der Entschwefelung in 11 Zeilen bespricht).

Die Schwierigkeit, den Schwefel vollständig vom Eisen zu trennen, wird durch das Zurückgreifen auf die Erfahrungen der sonstigen metallurgischen Röstprocesse noch mehr klargestellt.

Im ersten Band, bei der Betrachtung der Kiesabbrände, purple ore, ist es durch analytische Belege, z. Th. aus der neuesten Praxis, hinlänglich dargethan, dass trotz wiederholter Röstungen selbst nach kräftiger Chlorirung schliesslich doch noch immer Schwefelrückhalte bleiben, während bei einigermaassen weniger sorgsamer Arbeit dieselben gleich zu Procenten anwachsen können.

Aehnlich wie der Schwefel würde das Arsen sich verhalten, wenn dasselbe nicht vor dem Eintritt in die Schmelzräume der Oefen, sowohl bei Reduktion als bei Oxydation verflüchtigt würde. Auch kommt es zu selten in den Eisenerzen und in den Brennstoffen vor, um weitere Berücksichtigung zu verdienen. (Vgl. Band I, S. 75 u. ff.)

§ 14. In der Wirkung auf die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Eisens kommt wohl ausser Kohlenstoff und Silicium kein Nebenbestandtheil an Wichtigkeit dem Mangan gleich, welches ursprünglich nur zufällig und soweit es in den Eisenerzen vorkam, in den Kreis der Eisenhüttenoperationen eintrat, welches aber heutzutage ein sehr wichtiges Mittel zu verschiedenen Zwecken geworden ist. Wie schon wiederholt angegeben worden, und wie im vorhergehenden bei der Besprechung der Beziehung des Eisens zum Schwefel auch hervorgehoben war, ist seine Rolle eine doppelte, man könnte fast sagen, eine dreifache. Die eine, die bei der Mitwirkung der Schlackenbildung beim Hochofenbetrieb, ist schon an angeführter Stelle erörtert worden; die zweite, der Uebergang in das Roheisen behufs weiterer Mitarbeit an der Schlackenbildung bei den weiteren Roheisenverwendungen, ist bei diesen Arbeiten zu erläutern; die dritte am wenigsten aufgeklärte, der Verbleib im Endprodukt und die Beeinflussung wichtiger Eigenschaften desselben ist noch nicht zur Anführung gelangt.

Da sich die Wirksamkeit des Mangans bei der Stahlbereitung sowohl in Herden als auch später in Flammöfen zuerst bemerkbar machte, lange bevor man sich ein klares Bewusstsein dessfalls verschafft hatte, so ist nicht wunderbar, dass die ersten, wirklich wissenschaftlichen Untersuchungen über die Stahlprocesse gleich von Anfang die Stellung des Mangans in diesen Processen zu bestimmen suchten.

§ 15. Die ältesten, heute noch werthvollen Untersuchungen sind die vom Artillerieobersten Caron, über welche derselbe 1856—58 in den Comptes rendus der Pariser Akademie berichtet hat. Im dritten Stück dieser Berichte, Band 56, S. 828 der genannten Wochenschrift beschäftigt sich Caron speciell mit dem Studium der Rolle des Mangans bei der Stahlbildung und berichtet über Anordnung und Verlauf einer Reihe von Versuchen, die hier ausführlich mitgetheilt werden.

Caron stellt sich zunächst durch Zusammenschmelzen von möglichst reinem Schmiedeeisen im Contakt mit Holzkohle ein von *P, S, Si* möglichst freies Roheisen her, welches er alsdann in 3 Portionen theilt und je

mit Phosphoreisen
„ Schwefeleisen
„ Siliciumeisen zusammen nochmals umschmilzt.

Die erhaltenen drei verschiedenen Roheisensorten werden nun untersucht, indem jeweilig zwei Tiegel erhitzt werden, deren einer nur das betreffende Roheisen enthält, während der andere das Roheisen mit Zusatz von $6/_{00}$ metallischem Mangan (Rohmangan mit 1,0 *Fe*; 5,5 *C*; 0,5 *Si*) aufnimmt.

Das phosphorhaltige Eisen enthielt	0,83 *P*
No. 1. Eine Umschmelzung desselben ohne Zusatz ergab	0,82 *P*
„ 2. „ „ „ mit „ „	0,80 *P* + 4,58 *Mn*
Die zweite Umschmelzung von No. 1 ergab	0,79 *P*
„ „ „ „ „ 2 ohne Zusatz ergab	0,78 *P* + 3,74 *Mn*
„ dritte „ „ „ 1 ergab	0,78 *P*
„ „ „ „ „ 2 ohne Zusatz ergab	0,76 *P* + 1,62 *Mn.*

Unterwirft man das ursprüngliche Phosphorroheisen einem Schmelzen mit $10/_{00}$ $Fe_2\ O_3$ und theils ohne, theils mit $6/_{00}$ Mangan so erhält man nachstehende Resultate:

Oxydirendes Schmelzen von Phosphoreisen allein . .	0,76 *P*
„ „ „ „ mit Zusatz	0,74 *P* + 1,57 *Mn.*

Aus diesen Versuchen schliesst Caron, dass das Mangan an sich und in direkter Weise keinen erheblichen Einfluss auf den *P*gehalt eines Roheisens etc. ausübe.

Das schwefelhaltige Roheisen enthielt 1,15 *S*
No. 1. Eine Umschmelzung desselben für sich ergab . . 1,14 *S*
„ 2. „ „ „ mit $6/_{00}$ *Mn* ergab 1,15 *S* + 3,92 *Mn*
Die zweite Umschmelzung von No. 1 ergab 1,05 *S*
„ „ „ „ „ 2 „ 0,10 *S* + 2,81 *Mn*
„ dritte „ „ „ 1 „ 1,08 *S*
„ „ „ „ „ 2 „ 0,08 *S* + 1,73 *Mn*.

Unterwirft man das schwefelhaltige Roheisen einem Schmelzen mit $10/_{00}$ $Fe_2\,O_3$, so erhält man

ohne Manganzusatz 1,08 *S*
mit $6/_{00}$ *Mn*zusatz 0,07 *S* + 1,22 *Mn*.

Diese Versuche beweisen einen grossen Einfluss des Mangans auf den *S*gehalt des Eisens, besonders bei Zutritt von Sauerstoff. Eine Wiederholung des Schmelzens mit erneutem Manganzusatz entzieht dem Roheisen allen *S*gehalt bis auf geringe Spuren.

Das siliciumhaltige Eisen enthielt 0,99 *Si*
No. 1. Eine Umschmelzung desselben für sich ergab . 0,88 *Si*
„ 2. „ „ „ mit $6/_{00}$ *Mn* ergab 1,30 *Si* + 4,77 *Mn*
Die zweite Umschmelzung von No. 1 ergab 0,80 *Si*
„ „ „ „ „ 2 „ 1,66 *Si*.

Die dritte Umschmelzung wurde unterlassen, da der *Si*gehalt zunächst durch den *Si*gehalt des Mangans wie auch dadurch gesteigert wurde, dass aus der Tiegelwand SiO_2 durch *Mn* reducirt worden war.

Unterwirft man das siliciumhaltige Eisen einem oxydirenden Schmelzen mit $10/_{00}$ $Fe_2\,O_3$, theils mit, theils ohne *Mn*zusatz, so erhält man andere Resultate:

No. 1. Eine Umschmelzung mit $10/_{00}$ $Fe_2\,O_3$ ergab 0,61 *Si*
„ 2. „ „ „ $10/_{00}$ $Fe_2\,O_3$ u. $6/_{00}$ *Mn* ergab 0,37 *Si* + 2,52 *Mn*
Die zweite Umschmelzung von No. 1 mit $10/_{00}$ $Fe_2\,O_3$ ergab . 0,52 *Si*
„ „ „ „ „ 2 „ $10/_{00}$ $Fe_2\,O_3$ „ . 0,18 *Si* + 1,10 *Mn*.

Die Gesammtfolgerungen Caron's für die Rolle des Mangans sind hiernach:

1. Auf den *P*gehalt der Eisensorten wirkt Mangan nicht ein.
2. Der *S* wird, selbst ohne gleichzeitiges Frischen, vom Mangan beseitigt.
3. Das *Si* wird durch das *Mn* in sehr hervorstechender Weise beim Frischen entfernt.

Der Satz ad 2 wird besonders durch die Erfahrung bei dem Hochofenbetrieb bestätigt, zumal bei der Verarbeitung von *Cu*kieshaltenden Eisenspäthen, aus denen sich recht wohl ein fast *S*freies Roheisen darstellen lässt.

Caron kommt darauf zurück, dass er früher durch Versuche bewiesen habe, wie ein graues Roheisen, durch geringe Beimengungen von Mangan sich in weisses Roheisen verwandele (in welchem fast aller *C* in gebundenem Zustand sich befindet). Ebenso erwähnt er die in der Praxis üblichen Zusätze manganhaltigen Roheisens zu manganfreiem etc.

(Die Verhältnisse haben sich seit jener Zeit sehr geändert und die Rolle des Mangans wurde hauptsächlich als in seiner Schlackenbildung liegend erkannt).

Interessant ist noch Caron's Notiz, wonach mehr als $\frac{5}{1000}$ *Mn* der Zähigkeit des Stahles schade, indem dadurch eine körnige Textur hervorgerufen würde.

In der letzten Studie ibid., S. 1017 bringt Caron einige Experimente vor, die die Untersuchung der gegenseitigen Wirkung von *S* und *P* beim Frischen zum Zweck haben.

Von zwei künstlichen Roheisenarten mit $1{,}04/_{00}$ *S*
$0{,}85/_{00}$ *P*
stellt Caron durch Zusammenschmelzen zu gleichen Theilen ein Roheisen mit
$0{,}51/_{00}$ *S* + $0{,}42/_{00}$ *P*. Dasselbe mit $Fe_2\,O_3$ geschmolzen, ergab
$0{,}49/_{00}$ *S* + $0{,}40/_{00}$ *P* und nochmals mit $6/_{00}$ *Mn* behandelt,
$0{,}15/_{00}$ *S* + $0{,}39/_{00}$ *P*.

Die absolute gegenseitige Indifferenz der beiden genannten Bestandtheile, selbst im oxydirenden Schmelzen, d. h. im Frischprocess ist hiernach erwiesen.

§ 16. Die vorstehend mitgetheilten Versuchsresultate erläutern wesentlich die Rolle des Mangans hinsichtlich einiger anderer Nebenbestandtheile des Eisens. Es bleibt festzustellen, ob noch anderweitige

Wirkungen existiren, die hier wichtig würden und hat es sich bei der gesteigerten Praxis in den Flusseisenprocessen auch gezeigt, dass noch in anderer Hinsicht das Mangan sehr werthvoll ist. Das Mangan hat eine grössere Verwandtschaft zum Sauerstoff als das Eisen und, wie im II. Band wiederholt erwähnt worden ist, kann das Manganoxydul im Hochofen als coëxistent mit bereits reducirtem Eisen angesehen werden, vorausgesetzt, dass Beide aus gleichen Oxydationsstufen oder aus Verbindungen von gleicher Construktion herstammen.

Auch in dem Verhalten des Mangans, wenn es dem Eisen in hoher Temperatur zugesetzt wird, offenbart sich die stärkere Verwandtschaft zum Sauerstoff; denn, stammt das Eisen von ebenbeendeten Oxydationsprocessen her und ist es durch einen gewissen minimalen Gehalt von Oxydul ungeeignet zu technischer Weiterverarbeitung geworden, so genügt ein an sich geringer Zusatz von Mangan oder manganhaltigen Substanzen, um das im Eisenbad enthaltene Eisenoxydul zu reduciren und das Eisen dadurch metallischer, zäher und dehnbarer zu machen.

Manganzusätze dieser Art müssen aber genau so bemessen sein, dass sie keinen Manganüberschuss im Endprodukt veranlassen, da der Mangangehalt an sich nur in sehr geringem Maasse zu toleriren ist, wie der Gehalt an anderen Substanzen.

§ 17. Ausser zu dem Mangan treten bei den Fabrikationsprocessen des schmiedbaren Eisens keine anderen Beziehungen des reinen Eisens zu Metallen auf. Das Kupfer, welches aus einigen Erzen (z. B. denen der älteren Erzbezirke) in den Kreislauf der betreffenden Hüttenprocesse gelangt, wird nur in ganz minimalen Mengen in das Hochofenprodukt geführt und wird überhaupt nur gefährlich, wenn das Hochofenprodukt zu Flusseisen und Flussstahl verarbeitet wird. Eine genügende Controle der Erzförderung, sowie eine tüchtige Röstung reducirt den Kupfergehalt bereits in bedeutendem Maasse und es sind genug kupferfreie und kupferarme Erze vorhanden, um den Bedarf an solchen zu decken.

Die Bezirke allerdings, in denen die Eisenerze in irgend welcher geognostischen Verbindung zu Kupfer- und Bleierzlagerstätten stehen, sind genöthigt, wenn sie ihre Eisenfabrikation auf die Darstellung hochqualificirten Materials richten wollen, nur eine von eingesprengten Kupfererzen möglichst freie Förderung zu verwerthen und, falls sich Spuren solcher Einflüsse nicht vermeiden lassen, auf sorgfältige und vollkommene Röstung zu sehen, da das aus letzterer hervorgehende Kupferoxyd, besonders bei nicht zu strengflüssiger Schlacke, vor seiner eventuell möglichen Reduktion in die Schlacke gehen dürfte.

Arsenik ist in manchen Minetteanalysen angegeben (cf. Bd. I, S. 75), aber ein Uebergang desselben und eine Einwirkung auf die Qualität der Eisenfabrikate ist im Grossen noch nicht bemerkt worden. Auch sonst mit den Eisenerzen auftretende Metalle gehen nur in ganz minimalen Proportionen oder fast gar nicht in das Eisen über und es ist nur ausnahmsweise und mit oft unsicheren analytischen Hilfsmitteln im gewöhnlichen Roheisen eine Reihe anderer Metalle nachgewiesen worden.

Absichtliche Legirungsversuche, z. B. die Darstellung von Chromroheisen und chromhaltigem, schmiedbaren Eisen, die Fabrikation von Eisenwolframverbindungen, haben grosse Schwierigkeiten gemacht und sehr selten und niemals andauernd brauchbare Resultate gegeben.

§ 18. Was nun die Wirkung der verschiedenen, im Vorstehenden aufgezählten und besprochenen Elemente anlangt, welche zum reinen Eisen in irgend welche Beziehung treten können, so kommen dieselben darin überein, dass das reine Eisen seine Dehnbarkeit und Weichheit verliert, dass sein Schmelzpunkt sinkt und dass nebenbei eine bedeutende Steigerung der Härte eintritt, welche die Bearbeitung und Fähigkeit sowohl als die Benutzung einschränkt.

Diese in grossen Zügen charakterisirten Veränderungen modificiren sich natürlich je nach der Art des in Betracht kommenden Elements oder nach dem relativen Verhältniss aller in dem betreffenden Eisen auftretenden Körper. Es ist dadurch eine grosse Zahl verschiedener Zustände im Bereich des Eisensortiments gegeben, welche bei Weitem noch nicht vollkommen klargestellt ist und noch vieler Versuche bedarf, ehe man die Wirkung des einzelnen Bestandtheils bei Gegenwart der anderen genau beurtheilen kann. Trotzdem in den letzten Jahren, veranlasst durch eine grosse Ausdehnung der Anwendung verschiedener Flusseisensorten, zahlreiche Versuche angestellt worden sind, so ist man doch durchaus noch nicht einer Ansicht betreffs der Wirkungen der Haupteisenbestandtheile und bemüht sich fortwährend, dem Verhältniss auf den Grund zu kommen.

Absolut fest stehen nur die folgenden Sätze:

Kohlenstoff gibt dem Eisen einen niedrigeren Schmelzpunkt, grössere Härte und Sprödigkeit und (innerhalb gewisser Gehaltsgrenzen) eine eigenthümliche Eigenschaft, sich durch Abschrecken härten zu lassen.

Silicium wirkt ähnlich wie der Kohlenstoff; doch ist sein Einfluss wie der der übrigen Nebenbestandtheile sehr selten rein und für sich erkennbar, da gewöhnlich der Kohlenstoff gleichzeitig im Eisen vorhanden ist.

Phosphor und Schwefel, welche beide eine grosse Verwandtschaft zum Eisen haben, wirken ebenfalls in ähnlichem Sinne, wie die beiden vorgenannten Elemente, nur ist die Veränderung der

ursprünglichen physikalischen Eigenschaften eine einschneidendere und sowohl für die Bearbeitung, als auch für die nachherige Verwendung verhängnissvoll.

Die als Kaltbruch bekannte gesteigerte Sprödigkeit des phosphorhaltigen Eisens und die als Rothbruch bekannte Unfähigkeit des schwefelhaltigen Eisens, sich in hoher Temperatur bearbeiten zu lassen, sind Folgen des über eine gewisse Grenze hinausgehenden Phosphor-, bezw. Schwefelgehaltes. Diese Grenze ist in der Praxis der Fabrikation eine sehr verschiedene, da sie von dem Vorhandensein der übrigen Nebenbestandtheile mit beeinflusst wird, so dass derselbe Gehalt an den beiden genannten Stoffen in einem Fall bedeutend schädlicher als in dem anderen wirken kann, sobald jener Fall auf ein kohlereicheres Eisen z. B. Bezug hat.

Mangan wirkt an sich nicht besonders auf das Eisen ein; der Haupteinfluss macht sich in der Vertretung des Eisens durch das Mangan gegenüber den vorgenannten Elementen geltend, besonders weichen Aussehen und Verhalten des Kohlemangans, wie des Siliciummangans vollständig von den gleichen oder ähnlichen Beziehungen der gewöhnlichen Verbindungen von Eisen mit Kohlenstoff und Silicium ab. Ueberhaupt sind die einzelnen Beziehungen des reinen Eisens nur als Orientirungszeichen für die Untersuchungen anzusehen, die hinsichtlich des Verhaltens von dem gewöhnlich dargestellten kohlehaltigen Eisen anzustellen sind und die hierunter ganz ausführlich zur Besprechung kommen.

B. Das kohlehaltige Eisen, seine Eigenschaften und seine Beziehungen zu verschiedenen Substanzen.

§ 19. In welcher Weise dasjenige kohlehaltige Eisen sich bildet, dessen Verhalten hier hauptsächlich in Betracht kommt, ist bereits an mehreren Stellen erörtert worden, wenn es sich speciell auch nur um das Hochofenprodukt handelte.

Das Kohleeisen, welches durch die nach dem Reduktionsprocess eingetretene Kohlung gebildet wurde, nimmt nach Maassgabe der im Reduktions- und Schmelzapparat herrschenden Temperatur und je nach dem Vorhandensein der entsprechenden Verbindungen die bereits nach einander besprochenen Elemente auf.

Die Wirkung der meisten dieser Elemente, z. B. des Siliciums, des Schwefels und des Phosphors, ist ein partielles, mehr oder minder stark hervortretendes Austreiben des gebundenen oder wie Viele sich ausdrücken, gelösten Kohlenstoffs, in der Form von Graphit.

Bei der im II. Band geschehenen Charakterisirung des grauen Roheisens ist auf diese in verschiedenem Grad stattfindende Aufnahme fremder Stoffe hingewiesen und auch die Scheidung des grauen Roheisens in die beiden Gruppen oder Sorten: Giessereiroheisen und Bessemerroheisen auf der verschiedengradigen Aufnahme der fremden Bestandtheile oder den verschiedenem Grad der Reinheit begründet worden.

Indessen nicht allein die Wahrnehmungen und Erfahrungen des Hochofenprocesses, sondern auch direkte synthetische Arbeiten und Versuche haben die oben hervorgehobene Wirkung des Einführens der genannten fremden Bestandtheile in das kohlehaltige Eisen dargethan. Manche von diesen Versuchen haben eigentlich nur theoretischen, d. h. wissenschaftlichen Werth, wogegen andere mehr nach der Analogie der wirklichen Hüttenprocesse angeordnet und ausgeführt, zur Klärung der ganzen Fragen beigetragen haben und nicht vergessen werden dürfen.

Eine Wiederholung der Versuche und eine allenfallsige Bestätigung oder Nichtbestätigung der Resultate wäre oft von grösstem Interesse und Werth und schon deshalb müssten die folgenden gedrängten Notizen Platz greifen, welche den Gang der Versuche kurz angeben.

Auftreten und Einwirkung des Siliciums im kohlehaltigen Eisen.

§ 20. Betreffs der Einwirkung von Silicium auf kohlehaltiges Eisen liegen allerdings direkte Versuche nicht vor, doch ist jedes Erblasen von grauem Roheisen im Hochofen als ein solches Experiment anzusehen, dessen Gelingen auf erhebliche Schwierigkeiten nicht mehr stösst und besonders dann leicht erreicht wird, wenn nicht Rücksicht auf anderweitige Reinheit zu nehmen ist oder auf ganz bestimmte Gehaltsverhältnisse an sonstigen Bestandtheilen.

Die Bedingungen des Eintritts des Siliciums in das kohlehaltige Eisen sind: Contakt festen Kohlenstoffs mit Kieselsäure in Gegenwart von kohlehaltigem Eisen bei sehr hoher Temperatur; als die Folgen davon sind anzunehmen: Grauwerden des Eisens durch Ausscheidung von graphitischem Kohlenstoff. Die Frage ob sich auch Silicium graphitisch ausscheiden könne, ist unentschieden, obwohl verschiedene Metallurgen, z. B. Henry und Percy auf Grund eigener, nicht näher mitgetheilter Erfahrungen die Sache für nicht unmöglich hielten und auch R. Richter in Leoben beim Behandeln eines Krainischen Roheisens mit Säuren und beim Glühen in Sauerstoff einen Rückstand erhielt, der keinen der Charakteren des Graphites zeigte, auch beim Glühen mit Salpeter und Soda vollständig

verschwand und in der wässerigen Lösung hiervon durch Eindampfen mit Salzsäure sich eine deutlich erkennbare Abscheidung von Kieselsäure wahrnehmen liess. Ob man es dabei wirklich mit *Si* allein oder wie Dr. Hahn vermuthete, mit $Fe\,Si_2$ ($5^0/_{00}$ *Si*) zu thun hat, ist nicht bestimmt entschieden worden.

In seiner Dissertationsschrift: Constitution des Roheisens, Leipzig 1868, erwähnt der Verfasser auch der Untersuchungen von Mène, Comptes rendus, P. LXIV, 1091, nach denen der Graphitrückstand des mit Säure behandelten Roheisens bei seiner Verbrennung ausser verschiedenen Basen auch Kieselsäure erkennen lässt. Ob hierbei vielleicht Schlackeneinschlüsse mit gewirkt haben, hat Mène nicht erkundet oder festgestellt, ein Fall, der bei der Strengflüssigkeit des grauen Roheisens nicht auszuschliessen ist, um so weniger als bei den Flusseisenprocessen, deren Temperatur noch um vieles höher ist als die Temperatur des Hochofens, Schlackeneinschlüsse trotz der Dünnflüssigkeit der Metallmasse durchaus nicht zu den Seltenheiten gehören.

§ 21. Nicht allein im Roheisen, d. h. der kohlereicheren Eisensorte, sondern auch in den kohleärmeren Fabrikationsprodukten, die den Begriff des Stahls und Stabeisens ausfüllen, macht sich der Einfluss des Siliciums geltend, und es spielt sogar das Silicium bei der ganzen Flusseisen- und Flussstahldarstellung eine hervorragende Rolle.

Obwohl man in der Lage ist, das im Roheisen, als dem Material der Fabrikation des schmiedbaren Eisens enthaltene Silicium bis auf Spuren auszutreiben, haben doch gewisse Erfahrungen es als nützlich erkennen lassen, einen bestimmten, wenn auch veränderlichen Rückhalt an Silicium in einzelnen Sorten des schmiedbaren Eisens zurückzulassen.

Vergleicht man zwei Arten schmiedbaren Eisens mit verschiedenem Siliciumgehalt, aber sonst gleicher chemischer Beschaffenheit, so bemerkt man, dass das Siliciumreichere innerhalb einer engen Grenze allerdings eine grössere Härte zeigt, ohne an Zähigkeit und Dichtigkeit, sowie an Bearbeitbarkeit im kalten Zustand zu verlieren.

Schon Karsten hat (Eisenhüttenkunde Bd. I, S. 478) hervorgehoben,

„dass allgemein dafür gehalten werde, das Silicium gäbe dem Eisen keine, dem Gebrauch des-„selben nachtheilige Eigenschaften, sei wenigstens seiner Festigkeit und Ductilität nicht hinderlich".

Die damals darstellbaren Eisen- und Stahlsorten enthielten stets Silicium in einem dem Kohlegehalt entsprechenden Verhältniss, d. h.: war bei einem der damaligen Fabrikationsprocesse ein Produkt mit höherem Kohlenstoffgehalt erzielt worden, so enthielt dasselbe auch einen verhältnissmässigen Rückhalt an Silicium. Dadurch war es nicht recht möglich die Wirkung des Siliciums von der des Kohlenstoffs experimentell zu trennen.

Heute in der Zeit der Converterprocesse ist die Sache leichter, weil sich diese Processe nach und nach zu Combinationen von Oxydations- und Reduktionserscheinungen haben ausbilden lassen. Der Oxydationsprocess schafft eventuell alle im Einsatz vorhanden gewesenen Bestandtheile nach Maassgabe ihrer Verbrennbarkeit weg und im Reduktionsprocess, der durch Zusätze bewirkt werden muss, kann man irgend einen der Nebenbestandtheile, an das Eisen oder das Mangan gebunden wieder einführen. Dadurch ist der eigenste Einfluss oder die Wirkung des betreffenden Bestandtheils in der ausgeschältesten Weise zu erkennen möglich.

Schon der Erfinder des ersten erfolgreichen Converterprocesses, Bessemer selbst, trat gerade in Betreff der Wirkung des Siliciums mit einem Patent auf, indem er 1861 den Gebrauch von 1 Theil *Si* auf 2000 Theile geschmolzenen Stahles empfahl, um dichte Güsse zu erlangen oder wie er sich ausdrükte, das Kochen in den Ingots zu verhindern und die Neigung dazu im Metall überhaupt zu zerstören.

Ohne der späteren Discussion dieser Wirkung (s. 3. und 4. Kapitel) vorzugreifen, muss doch hervorgehoben werden, dass gerade wegen der nach Bessemer's Vorgang allgemein anerkannten und benutzten Wirkung des siliciumreichen Roheisens sehr bald die Veranlassung sich fand, auf die Wirkung der im Converterprodukt zurückbleibenden Siliciummengen einzugehen und dieselben zu studiren.

Sobald das Roheisen siliciumreich ist, bleibt von selbst mehr Silicium im Produkt des betreffenden Processes zurück, sowohl bei irgend einem der Converterprocesse als beim Martiniren oder dem offenen Herdprocess. Nur wenn eine weitergehende Entkohlung stattfindet, schreitet die Entsilicirung auch weiter voran und liefert ein reineres Produkt. Das ursprüngliche Verhältniss zwischen Kohlenstoff und Silicium influirt dabei naturgemäss ganz gewaltig und es können auch bei weitgehender Entkohlung siliciumreiche Produkte mitten unter den anderen, d. h. damit abwechselnd, fallen. Sandberg hat u. A. constatirt, dass bei Schienenbrüchen auf der belgischen Staatsbahn die nähere Untersuchung $0{,}6^0/_{00}$ *Si* ergeben hätte. Ebenso sind in einem Neuberger Gussstahl, der sich trotz nur $0{,}3^0/_{00}$ Kohlenstoff sehr hart erwies, $1^0/_{00}$ *Si* ermittelt worden. Ferner ist durch mehrfache Versuche und weitgehende Erfahrungen bestätigt, dass bei sehr hartem Stahl, der Siliciumgehalt auf $2^0/_{00}$ steigen kann, wenn andere, die Festigkeit und Bearbeitbarkeit nicht beeinträchtigende Bestandtheile fehlen.

Hackney (Manufacture of Steel, p. 37, daraus Jeans, Steel etc., S. 600) bemerkt, dass, obwohl Silicium in weiterem Maasse den Kohlenstoff im Stahl ersetzen könnte und unzweifelhaft in analoger

Weise auf die Härtefähigkeit einwirke, es doch nicht sicher sei, ob siliciumreicher und kohlearmer Stahl sich ebenso bequem durch Rothwarmmachen und mehr oder minder rasche Abkühlung härten lassen würde, als ein kohlenstoffreiches und siliciumarmes Produkt. Es ist nach demselben Gewährsmann sogar wahrscheinlich, dass die durch die Gegenwart des Siliciums hervorgerufene Härte mit mehr oder minder Kürze im Gefüge und mit einer gewissen Sprödigkeit verbunden sein dürfte und dass sich dies in einem geringeren Maass von Contraktionsfähigkeit geltend mache, namentlich bei plötzlicher Inanspruchnahme.

Ein Gehalt an Silicium, der über 0,1—0,2/$_{00}$ hinausginge, müsse z. B. für Schienenstahl bereits als schädlich angesehen werden. Noch bedenklicher würde dieser Gehalt an Silicium, wenn gleichzeitig ein irgend fühlbares Quantum Phosphor vorhanden oder wenn der Kohlenstoffgehalt ein sehr bedeutender sei.

§ 22. Wenn man also auch im Grossen und Ganzen bestätigt fand, dass das Silicium die Rolle des Kohlenstoffs in den schmiedbaren Eisensorten, besonders den in flüssigem Zustand gewonnenen Converter- und Martinirprodukten spielte, wenn auch vielleicht mit geringerer Energie, so kam man doch nach und nach zu der Ueberzeugung, dass ein Minimum an Silicium besser sei als ein grösseres Quantum und befleissigte sich, das Silicium so vollständig als möglich überall da zu beseitigen oder zu eliminiren, wo es sich um die Herstellung hochqualificirter, namentlich recht weicher, zäher und homogener Produkte handelte.

Die schwedischen Werke befolgen z. B. den Grundsatz bei der Darstellung des weichsten Stahles (also vermuthlich fast reinen Flusseisens), sowohl den Kohlenstoff als auch das Silicium möglichst zu eliminiren.

Aehnliches geschieht in Frankreich nach Pourcel's Vorgang; der Breit- und Flachstahl für Construktionszwecke von Terrenoire zeigt nur Spuren von Silicium und 1876 erblies man in demselben Werke ein Bessemer-Roheisen von nur 0,75/$_{00}$ Silicium, in Givors gar eines von nur 0,5/$_{00}$ und hoffte noch weiter herunter gehen zu können. Untersuchungen des Jernkontors mit Siemens-Martin-Stahlplatten von Terrenoire ergaben sogar neben 0,2/$_{00}$ Kohlenstoff:

nur 0,025/$_{00}$ Silicium,
ferner 0,08 /$_{00}$ Phosphor,
0,235/$_{00}$ Mangan
und 0,02 /$_{00}$ Schwefel.

Diesen Bemühungen gegenüber und um zur Erklärung von scheinbaren Widersprüchen beizutragen, wie sie sich noch vielfach im Folgenden ergeben werden, mag hier darauf hingewiesen werden, dass die Wirkung von Silicium als ein das Eisen härtendes Material, der von Mangan und Kohlenstoff wohl verglichen werden darf, nur ist seine Wirksamkeit a priori geringer zu veranschlagen als die des Kohlenstoffs. Wäre ein solcher Rückschluss ohne Weiteres möglich, so würde schon das Verhältniss der Equivalentgewichte 12 : 28 indiciren, dass eine über zweifache Menge des Siliciums erst die Wirkung der einfachen Menge Kohlenstoff erreichen könnte. Mrazek hat sogar den Effekt des Kohlenstoffes 3—4 mal grösser als den des Siliciums veranschlagt und es wird diese Behauptung auch durch einzelne praktische Erfahrungen bestätigt.

Zunächst sind hierbei seine eigenen Zerreissversuche mit verschiedenen Stahlsorten in kaltem Zustande zu erwähnen, wonach 0,4/$_{00}$ Silicium die Weichheit und Zähigkeit nicht mehr vermindern als 0,1/$_{00}$ Kohlenstoff. Dann hat sich durch die Tausende von Zerreiss- und Schlagproben, welche Terrenoire mit Gussstahl von 0,1—0,4 Silicium angestellt, ergeben, dass zwei Sorten Gussstahl, welche nahezu gleiche Mengen von Kohlenstoff, Mangan und Phosphor enthielten, also nahezu gleich rein waren und sich durch Unterschiede von 0,1—0,3/$_{00}$ im Siliciumgehalt auszeichneten, mechanische Resultate von fast verschwindender Ungleichheit gaben.

Allerdings zeigte die Sorte mit mehr Silicium eher eine geringere Dehnung oder Verlängerung, dafür aber eine höhere Zerreissfestigkeit und verhielt sich ganz so als wäre sie um ein Geringeres reicher an Kohlenstoff. Wenn man auch heute noch weit davon entfernt ist, ein genaues Gesetz festzustellen und auszudrücken, so steht doch so viel fest, dass die Steigerung der Festigkeit, welche durch 0,1/$_{00}$ Kohlenstoff gegeben wird, auf ca. 6 Kilo pro qmm im Mittel sich beläuft, während die Festigkeitssteigerung, welche durch die gleiche Siliciummenge hervorgerufen wird, kaum 1 Kilo übersteigt.

Die Widerstandsfähigkeit gegen Stösse wird dagegen durch Schwankungen von 0,1—0,3/$_{00}$ im Siliciumgehalt kaum alterirt.

§ 23. Mussy hat früher angegeben, dass in den ihm untergebenen Werken Ingots von 2/$_{00}$ Silicium hergestellt worden seien, welche allerdings daneben nur wenig Kohlenstoff und Mangan enthalten und sich ohne Schwierigkeit dem nothwendigen Hämmern und Walzen unterworfen hätten.

Andere Praktiker können dagegen nicht begreifen, wie ein Ingot mit 1/$_{00}$ Silicium und nur sehr wenig Kohle sich hämmern liesse, wenn nicht noch 0,6—0,8/$_{00}$ Mangan darin enthalten wären. Dagegen mag wieder angeführt werden, dass viele hochrenommirte Stahlqualitäten, die eine weitgehende

Behandlung erfahren müssen, selten weniger als 0,1/$_{00}$ Silicium, oft aber viel mehr enthalten haben. So wird der beste englische Werkzeugstahl, durch das Cementiren von schwedischem Herdfrischeisen gewonnen, selten unter 0,1/$_{00}$, meist aber zwischen 0,1 und 0,3/$_{00}$ Silicium zeigen; freilich ist nichts anderes mehr darin als Kohlenstoff, da das schwedische Stabeisen von allen Nebenbestandtheilen ganz befreit ist und da der Siliciumgehalt des Produkts wahrscheinlich nur aus der Tiegelmasse in die Einsätze gerathen sein kann.

Boussingault fand früher 0,3—0,5/$_{00}$ in Krupp'schem Gussstahl, der bekanntlich einen etwas anderen Weg der Darstellung erfährt, als der Sheffielder Stahl.

Derselbe Chemiker bezeichnet die Gegenwart des Siliciums im Stahl als ebenso schädlich wie die Gegenwart des Phosphors und des Schwefels und sucht dies durch die Anführung und den Vergleich der Analysen einer Anzahl renommirter Eisen- und Stahlsorten zu beweisen. Hierbei ist indess nicht ausser Acht zu lassen, dass es zum Theil harte, d. h. kohlenstoffreiche Stahlsorten sind, auf welche die Untersuchungen Boussingault's sich beziehen und dass der Einfluss des Siliciums ein geringerer sein würde, wenn es sich um kohlearmen Stahl handelte. Kann man bei der Fabrikation ohne Silicium fertig werden, so wird man es natürlich thun, wogegen bei manchen Converterprocessen das Silicium so wichtige Funktionen im Metallbad zu verrichten hat, dass seine Gegenwart nicht zu umgehen sein wird und dass sein Gebrauch eben den Rückhalt von mehr oder minder bedeutenden Spuren einschliesst.

Boussingault fand (Dingler's Journal 203, S. 209)

in schwedischem Eisen, 1. Muster	0,00164
„ „ „ 2. „	0,00187
Eisen von Unieux b. Firminy, 1. Muster	0,00093
„ „ „ „ „ 2. „	0,00090
Stahl aus China	0,00070
Stahl von Krupp in Essen	0,00440
Uhrfederstahl	0,00040
Wootzstahl	0,00062

Noch ist zu bemerken, dass im vollkommen zu Ende gefrischten schwedischen Eisen, welches natürlich ja ganz kohlefrei ist, ebenso im Eisen von Firminy die nachgewiesene grössere Menge Silicium einen ganz anderen, weit weniger einschneidenden Einfluss haben muss als in den diversen sonst angeführten Stahlsorten, von denen wiederum der Krupp'sche Stahl ein relativ bedeutendes Quantum aufweist. Eine Angabe der Kohlengehalte wäre nothwendig gewesen, um sich über die ganze Qualitätenreihe eine sichere Vorstellung zu verschaffen; die vorstehende Zusammenstellung gibt eben nur die Beziehung zum Silicium selbst und noch nicht vollständig.

§ 24. Wenn im Vorstehenden eine Reihe von Erfahrungssätzen sich ergeben haben, welche den Einfluss des Siliciumsgehalts auf die mechanischen Eigenschaften des kohlehaltigen Eisens charakterisiren, so bleibt noch zu erörtern, welche Wirkungen der Siliciumgehalt an sich und etwaige siliciumhaltige Zusätze auf die betreffenden Metallbäder in hoher Temperatur und bei gleichzeitigen, anderweitigen chemischen Einflüssen ausüben.

Troost und Hautefeuille fanden schon früher, dass siliciumhaltiges Roheisen bei seiner Oxydation in einer Sauerstoff- und Leuchtgasflamme ganz ruhig sich verhielt, während siliciumfreies oder siliciumarmes Roheisen eine Menge Funken ergab. Die zuletztgenannte Erscheinung, als Spratzen bekannt, wird hiernach von dem Silicium theilweise oder ganz unterdrückt und sind zur Erklärung des betreffenden Phenomens verschiedene Wege betreten worden.

Zunächst ermittelte man in einzelnen, aus einem Oxydationsprocess im Converter hervorgegangenen Produkten einen gewissen Sauerstoffgehalt, den man an Eisen gebunden voraussetzte. Dann supponirte man eine Reaktion dieses Eisenoxydes (die Stufe liess sich natürlich nicht berechnen) auf den Kohlengehalt des Metallbades, bezw. die bereits im Gang befindliche Kohlenoxydentwickelung und kam folgerichtig zu der Ansicht, dass nunmehr eine starke Entwickelung von Kohlenoxyd und Kohlensäure eintrete und bei ihrem Losreissen von der Oberfläche des Bades ein Aufspritzen und Verbrennen von Eisentheilchen bewirke.

Die Rolle des Siliciums sollte nun darin bestehen, sich zu oxydiren und die Eisenoxyde zu einer Schlacke zu vereinen, welche ganz indifferent gegen Oxydation und Reduktion im Bade aufstiege und dasselbe ohne jede Erscheinung des Spratzens und Blasenwerfens verliesse. Leider hat sich diese Einfachheit nicht in allen Fällen als ausreichend erwiesen und trotz aller Siliciumzusätze (als Ferrosilicium, Siliciummangan und auch in anderen Formen) sind die Erscheinungen des Spratzens, des Steigens nicht ausgeblieben und von den schädlichsten Folgen für die Stadien der weiteren Bearbeitung gewesen.

Die Akten über diese Verhältnisse sind entfernt davon, geschlossen zu sein, im Gegentheil, es haben neuere Forschungen, Erfahrungen und Ermittelungen noch weit mehr Material zum Festhalten streitiger Gesichtspunkte und zum Verfechten gegnerischer Ansichten geliefert, wovon das Verlässliche

bei den Beziehungen des kohlehaltigen Eisens zu den Gasen mitgetheilt werden soll. Hier mag nur die bereits Ende 1866 durch Pourcel publicirte Erfahrung angeführt werden, die beim Betrieb des Siemens-Martin-Ofens gemacht worden ist.

Beim Entkohlen eines grauen siliciumreichen Roheisens im genannten Ofen, durch Zusätze von Walzeisen- oder Stahlbruch, wurde ermittelt, dass die Proben, die nach den jedesmaligen Zusätzen genommen worden, in einem gegebenen Moment sich voller Blasen zeigten, während sie sich sonst dicht erwiesen. Aus den Analysen der blasigen und der nicht blasigen Probestücke ergab sich weiter, dass die letzteren immer einen gewissen Siliciumgehalt aufgenommen hatten, während die anderen frei davon waren und höchstens Schlacken enthielten. Die Erklärung dieser damals auffallenden Erscheinung war die oben gegebene und der oft an den siliciumhaltigen Probestücken beobachtete Rothbruch wurde der Zwischenlagerung von Eisenoxydulsilikat zugeschrieben.

Später beseitigte man diesen Uebelstand durch Einführung von Mangan und daher kamen speciell in Terrenoire die Arbeiten mit Ferrosilicium und siliciumreichen Ferromanganen, selbst mit reinem Siliciummangan.

Für die Siemens-Martin- oder Flammofenprocesse haben diese Erfahrungen noch immer praktischen Werth behalten, während die Converterprocesse nur theilweise davon Nutzen zu ziehen vermochten. Hier wurden sehr bald andere Gasabsorptionen und Ausscheidungen entdeckt, die durch Silicium und andere Zusätze nicht beseitigt zu werden vermochten.

§ 25. Für den Verlauf der in diesem Buche zu beschreibenden Oxydationsprocesse des Roheisens ist noch das Verhalten des Siliciumgehalts im kohlehaltigen Eisen, dem Sauerstoff der Luft, bezw. irgend eines Ofengasgemisches gegenüber von Wichtigkeit.

Setzt man das Roheisen in flüssigem Zustand der Luft aus, so bilden sich an der Oberfläche zunächst Oxydationsprodukte der im isolirten Zustand im Roheisen vorhandenen Elemente, in erster Reihe gegenwärtigen Metalle, des Eisens und des Mangans. Die Oxydationsprodukte derselben, vorwiegend oder ausschliesslich von der Form $R_3 O_4 = \left\{ \begin{matrix} RO \\ R_2 O_3 \end{matrix} \right\}$ wirken ihrerseits auf die gebundenen anderweitigen Elemente des Bades ein und veranlassen deren Oxydation. Hierbei werden zunächst diejenigen in Sauerstoffverbindungen übergeführt, welche mit den vorhandenen Metalloxyden mehr oder minder stabile Verbindungen einzugehen vermögen und unter diesen natürlich wiederum diejenigen zu allererst, welche die geringste Verwandtschaft zum Eisen haben. Daher kommt die übereinstimmende Erfahrung, die bei allen Frischprocessen gemacht wurde, dass das Silicium den Reigen der sich oxydirenden, nichtmetallischen Substanzen eröffnet und fast gleichzeitig mit dem Mangan neben einer veränderlichen Menge Eisen sich oxydirt unter Bildung einer Schlacke von der Form $R_2 SiO_4$, welche theils Mangan, theils Eisen enthalten kann.

Bei dieser Oxydation des Siliciums entwickelt dasselbe eine bedeutende Wärme, welche wesentlich dazu beiträgt, den Frischprocessen des siliciumhaltigen Eisens die für dieselbe charakteristische hohe Temperatur zu geben.

Bei ausreichender Vorwärmung der Chargen, sowie bei einem ein gewisses Minimum überschreitenden Gehalt an Silicium, vermag die producirte Wärme nicht allein ein umfängliches Metallbad längere Zeit und trotz steigenden Schmelzpunktes flüssig zu erhalten, sondern auch die zur Oxydation eingeblasene Luftmenge vollkommen zur Badtemperatur zu erhitzen.

Die Converterprocesse würden ohne diese Mitwirkung des Siliciums an der Wärmeerhaltung und an der Weitererhitzung des Roheisenbades nicht ausführbar geworden sein und wenn man auch in späterer Zeit nicht mehr das Silicium allein als Wärmeerzeuger benutzte und überhaupt aus den früher vorgetragenen Gründen eine zu grosse Menge von Silicium in dem Converterprocess zu vermeiden strebte, so bildet immerhin die Wärmeproduktion auch des noch gebliebenen geringeren Siliciumquantums noch einen namhaften Bestandtheil der im Ganzen entwickelten Verbrennungswärme des Eisenbades.

Die Wärmemenge, mit welcher das Silicium in Anschlag zu bringen ist, beziffert sich auf über 7000 c pro Einheit Silicium; die genauere Ziffer ist nach den Versuchen von Troost und Hautefeuille 7850 c. Hierzu tritt noch die Wärme der Schlackenbildung, welche indess vernachlässigt werden kann, wenn man das Oxyd $R_3 O_4$ als Verbrennungsprodukt der Metalle in Rechnung gestellt hat. Der Unterschied zwischen den bei der Oxydation zu beziehungsweise RO und $R_2 O_3$ entwickelten Wärmemengen entspricht ungefähr der bei der Verbindung von 2 RO und SiO_2 entwickelten Wärme, obwohl direkte Versuche mit Singulosilikaten nicht vorliegen, sondern nur nach Analogie des Verhaltens anderer Salze schwacher Säuren geschlossen werden kann.

Das Silicium ist jedenfalls ein calorisch sehr bedeutsamer Bestandtheil des Roheisens und hierin beruht zum grössten Theil seine Gegenwart im Frischereiroheisen.

Auftreten und Einwirkung des Phosphors im kohlehaltigen Eisen.

§ 26. Die bereits charakterisirten Wirkungen eines obschon nur minimalen Phosphorgehaltes auf die Eigenschaften des Eisens wiederholen sich, wenn Phosphor in das gekohlte Eisen eintritt. Auch hierbei scheidet sich vermuthlich auch Graphit aus, doch ist gegenwärtig schwer zu entscheiden, ob die Graphitausscheidung eine äusserlich andere ist als die durch das Silicium bewirkte, da heutzutage wenig Roheisen producirt wird, welches neben Phosphor nicht auch Silicium enthielte.

Die früher mit Rasenerzen betriebenen Holzkohlenhochöfen fabricirten häufig ein Eisen von glänzend weisser Farbe mit zerstreuten, sternartigen Graphitausscheidungen, die sich über die ganze Fläche vertheilten. Man konnte aus diesem Material gröbere Gussstücke, welche nicht viel auszuhalten haben, z. B. Bomben, Vollkugeln etc. giessen; zu feinerer dünnwandiger Gusswaare wurde aber ein graues, obwohl ebenso phosphorreiches Roheisen erblasen. Das letztere fiel bei höherem Kohlensatz, bezw. vermindertem Erzsatz und genau regulirter Windführung; es war siliciumhaltiger als das andere weisshalbirte Eisen, enthielt aber ebenso wie jenes den ganzen Phosphorgehalt der Erze.

Sonst wirkt der Phosphor an sich mehr fördernd auf die Bildung weissen Eisens im Hochofen und wie schon Karsten (a. a. O. Bd. I, S. 435) hervorhebt, ist jedes phosphorreiche Roheisen, auch wenn es grau erblasen war, ausserordentlich geneigt, durch Umschmelzen weiss zu werden, nicht aber, wie Karsten meint, wegen seines durch die Leichtschmelzigkeit verursachten sehr raschen Niederganges, sondern wegen der Verminderung des Siliciumgehaltes durch Verschlackung und wegen des dadurch bewirkten Zurücktretens des Graphits (der übrigens auch stets der Verbrennung etwas ausgesetzt ist). Rasche und energische Schmelzung in hohen Cupolöfen dürfte unzweifelhaft ein Weisswerden nicht begünstigen, was übrigens auch Karsten zugibt.

Die in neuerer Zeit zum Zwecke des Thomasirens oder der Ausführung des basischen Processes vielfach erblasenen phosphorreichen, silicium- und schwefelarmen Roheisensorten, an deren Herstellung noch immer experimentirt und verbessert wird, geben auch in nur wenig Fällen Gelegenheit, die Wirkung des Phosphors auf gekohltes Eisen im Grossen zu studiren, denn die allermeisten davon enthalten aus den verschiedensten technischen und ökonomischen Ursachen eine noch immer hinreichend beträchtliche Menge Silicium, um dieser die etwaige Graphitausscheidung zuschreiben zu können.

Ein Eisen von Ilsede, welches als ganz besonders phosphorreich (über $2{,}75/_{00}$) bei den Versuchen mit dem Krupp'schen Entphosphorungsverfahren zu Essen benutzt worden ist, zeigt weisssplitterigen Bruch, mit unbedeutender Graphitausscheidung im Kerne.

Die im II. Bd., S. 285 mitgetheilten Analysen von Ilseder Eisen (No. 40—43 der Tabelle) zeigen, dass nur $0{,}03-0{,}14/_{00}$ *Si* neben $2{,}82-3{,}29/_{00}$ *P* auftreten und dass der in einem einzelnen Muster auf $2{,}68/_{00}$, in einem anderen auf $1{,}64/_{00}$ bestimmte Kohlenstoff meist chemisch gebunden ist.

§ 27. Hiernach würde allerdings zu schliessen sein, dass Phosphor bei seiner Aufnahme in das kohlehaltige Eisen, nur Spuren von Graphit ausscheide und dass, falls in phosphorhaltigem Roheisen derartige Ausscheidungen auftreten, sich meist ein Siliciumgehalt nachweisen liesse — fast ausnahmslos die Folge einer starkgesteigerten Hochofentemperatur, d. h. einer übermässig strengflüssigen Schlacke. Wo aber Erze und auch Brennstoffe die Einhaltung eines kühleren Ganges gestatten, ist es möglich, ein Roheisen mit Phosphor anzureichern, ohne ihm eine grössere Menge von Silicium zuzuführen und gerade die neueren Erfahrungen bei der Thomaseisenfabrikation scheinen dies zu beweisen, sowie, dass in Gegenwart des Eisens die Phosphorsäure bei niederer Temperatur reducirbarer ist als die Kieselsäure.

Die Aufnahme des Phosphors im Roheisen, wie auch das zähe Festhalten an dem Eisen überhaupt wird auch erleichtert durch die starke Verwandtschaft des Phosphors, welche sich schon in der Existenz mehrerer Verbindungen zwischen Eisen und Phosphor ausspricht. Während Karsten nur die Verbindung 77,14 *Fe* und 22,86 *P* kannte, hat man in neuerer Zeit eine ganze Anzahl anderer Verbindungen beider Körper entdeckt, welche sich in der verschiedensten Weise herstellen lassen.

Percy zählt noch die folgenden auf:

$$Fe_{12}P,\ Fe_6P,\ Fe_4P,\ Fe_8P_3,\ Fe_5P_2,\ Fe_3P_2,$$

welche mehr oder minder beständig sich zeigen.

Später hat Freese sich mit der Darstellung und Untersuchung dieser Phosphide befasst und dabei gefunden, dass sie für sich allein sehr strengflüssig sein sollen, bei einem Kohlenstoffgehalt des betreffenden Präparates aber leichtflüssiger werden.

Wie Ledebur in seiner Eisenhüttenkunde ganz richtig bemerkt, haben diese Verbindungen an sich kaum ein Interesse für die Praxis; das einzige Interesse, was sie der Ansicht des Verfassers nach haben können, ist eben die Bethätigung einer starken Verwandtschaft zum Eisen selbst.

Wenn daher Phosphor an ein mit Kohle nicht vollständig gesättigtes Eisen tritt, so wird er von diesem Eisen aufgenommen werden können, auch ohne Graphit abzuscheiden. Am ehesten wird die

Phosphoraufnahme bei leicht reducirbaren und schmelzbaren Erzen geschehen, wie das der Fall von Ilsede beweist und der ältere kaum mehr existirende Betrieb mit Raseneisensteinen, dessen Resultate Karsten zu der bereits 1827 (Archiv, Bd. XV) ausgesprochenen Ansicht brachten, dass aller Phosphor der Beschickung und der Brennstoffe im Roheisen wiederzufinden sei.

§ 28. Die Wirkung des Phosphorgehalts im kohlehaltigen Eisen ist dem im reinen Eisen gleich und in technischer Hinsicht eine ausserordentlich interessante, weil sie in ihrer Bedeutsamkeit abhängig ist von einer Menge von Nebenumständen, in erster Linie von der Höhe des Kohlenstoffgehaltes selber. Während im graphitischen grauen Roheisen ein selbst beträchtlicher, d. h. 1½ Procent und darüber betragender Phosphorgehalt die Brauchbarkeit des Roheisens als Giessereimaterial nur soweit einschränkt, als sehr hohe Ansprüche an die absolute Festigkeit des Produktes gemacht werden, ist bei den schmiedbaren Eisensorten, also dem eigentlichen Stahl und dem Schmiedeeisen, der Gegenwart des Phosphors eine weit engere, aber nicht immer ganz gleiche Grenze gezogen.

Während man in vollständig entkohltem, d. h. thatsächlich unter 0,1/₀₀ Kohle enthaltenden, daneben auch von allen anderen Bestandtheilen befreiten Handelseisen noch 0,4—1,00 Procent Phosphor dulden kann (wobei die unter 0,5/₀₀ enthaltenden Varietäten noch immer zu den mittelguten Eisensorten gerechnet werden können), sinkt mit wachsendem Rückhalt an Kohle das erlaubte Phosphormaximum sehr rasch und darf z. B. bei dem mittleren Kohlegehalt der im sauren Converter erblasenen Produkte, d. h. bei 0,5 Procent Kohle nur 0,1—0,2 Procent betragen.

Bekannt ist die alte Vorschrift Bessemer's, dass kein nach seinem Verfahren mit Aussicht auf gute Resultate zu verarbeitendes Roheisen mehr als 0,1 Procent Phosphor haben dürfe.

Ebensolche Erfahrungen machte man bei anderen Fabrikationsprocessen mehr oder minder gekohlter schmiedbarer Eisensorten; Terrenoire ermittelte schon sehr früh ein auf nur schwacher Rückkohlung beruhendes Verfahren, um alte phosphorhaltige Schmiedeeisenschienen im Martin-Ofen auf guten Stahl zu verarbeiten; es wurde am Kohlenstoffgehalt abgebrochen, um den gezwungenen Phosphor im Metall leiden zu können.

Vorher war man auf einzelnen Bessemerwerken bereits dahin gelangt, irgend ein sonst geeignetes Roheisen, obwohl sein Phosphorgehalt etwas höher war als es die alte Bessemer'sche Regel für die Tauglichkeit zur Bedingung gemacht hatte, dadurch im sauren Converter zu guten Produkten umzugestalten, dass man mehr eine Art Phosphorstahl, als wie einen phosphorhaltigen Kohlenstahl zu machen sich bemühte.

Während man in Terrenoire bei dem sogenannten Rückkohlen des Metallbades den Kohlenstoff in einem Minimum benutzte, indem man dem Mangan des Zusatzes die Hauptrolle bei der Vernichtung der Oxyde zuwies — brach man bei den oben gedachten Bessemerwerken — die Wirkung der Rückkohlung durch nochmaliges kurzes Blasen ab, abgesehen von einer Verminderung des Zusatzquantums selbst.

§ 29. Auch die zahlreichen Versuche mit Entphosphorungsmitteln und -Methoden, verbesserten Puddelvorrichtungen etc., welche die Vorläufer des Thomas-Gilchrist'schen Processes waren, lieferten interessante Belege zu der Wirkung des Phosphors im schmiedbaren Eisen.

So zeigten die Produkte des Heaton'schen Salpeterfrischens, der Methoden von Hargreaves, Richardson u. A., welche noch immer wesentlich phosphorhaltige Produkte lieferten, dass dieselben bei der gänzlichen Abwesenheit von Silicium und Kohlenstoff ganz brauchbar, auch bei starken Beanspruchungen sein würden, wogegen eben in der vielfach beobachteten Unmöglichkeit einer solchen vollständigen Eliminirung einer der Gründe für das Misslingen gefunden werden musste. Gruner z. B. in seiner Analyse des Heaton'schen Processes hat die sämmtlichen Versuchsresultate einer ausführlichen Kritik unterzogen und eine Reihe von Zerreissversuchen sogar wiederholt und beschrieben. Das in den Comptes rendus, LXX, p. 571 mitgetheilte Detail der Versuche zeigt, dass von allen Nebenbestandtheilen des gewonnenen Produktes der Phosphor nächst dem Kohlenstoff der Bedeutsamste war, denn es enthielten sechs verschiedene Muster in Procenten:

Kohlenstoff	0,49	0,57	0,52	0,54	0,54	0,47
Silicium	0,10	0,12	0,16	0,10	0,12	0,09
Phosphor	0,30	0,23	0,24	0,24	0,28	0,23
Schwefel	0,00	0,01	0,01	0,01	Sp.	0,00

während das Roheisen, das verwendet worden war

2,10 Silicium
1,06 Phosphor
0,19 Schwefel enthalten hatte.

Bei den Versuchen mit diesen Stäben ergab sich neben einer gewissen Weichheit des Stahls eine von der Kürze und Brüchigkeit des Gefüges herrührende Sprödigkeit. Die letztere, durch das plötzliche

Zerreissen einzelner Stäbe vor dem Erreichen der aus dem Verhalten des Stahls bei Bieg- und Druckproben ermittelten Elasticitätsgrenze erwiesen, sowie durch eine grosse Empfindlichkeit gegen Vibrationen und Stösse, verbindet sich in diesem phosphorhaltigen Produkt auf eigenthümliche Weise mit einer durch Feilbarkeit, Compressibilität und Biegbarkeit documentirte Weichheit.

Gruner zog nachstehende Schlüsse aus seinen Versuchen und Betrachtungen:

1. Der Phosphor im Verhältniss von 0,2—0,3 Procent macht den Stahl starr und elastisch, vermehrt die Spannkraft und Bruchfestigkeit, ohne die Härte zu verändern. Indessen ermangelt dieser Stahl, auch wenn er wenig gekohlt ist, des Körpers, d. h. der Sehne und ist kurzbrüchig und spröde.
2. Zum Erkennen dieser nachtheiligen Eigenschaften sind ausser Versuchen auf Zug- und Querbelastung noch Stoss- und Schlagversuche anzuwenden.

Bemerkenswerth ist, dass bei der ersten Einführung des mechanischen Puddelns mit Erz-, bezw. Schlackenfutter (Apparate von Danks, Spencer, Crampton u. A.) sich eine Unbrauchbarkeit der erhaltenen Produkte für gewisse Zwecke herausstellte, weil der Phosphorgehalt, welcher in dem früheren Produkte des Puddelprocesses bis 0,38 und 0,40 Procent betrug, auf ein verschwindendes Minimum herabgesunken war. Auch die in vielen Bezirken aus phosphor- und siliciumreichen Roheisensorten mit schwachem Kohlengehalt dargestellten Stabeisensorten verdankten eine gewisse Härte und eine besondere Beschaffenheit des Gefüges einem Gehalt an Phosphor, wie denn auch in manchen Eisenwerken auf „Kaltbruch" direkt gepuddelt worden ist.

§ 30. Diese Benutzung des Phosphors (eine erzwungene, wenn man will, aber nichtsdestoweniger thatsächlich unter den entsprechenden Umständen geschehene) hörte auf, als man die Möglichkeit fand, sich auch des grössten im Roheisen auftretenden Phosphorgehalts zu entledigen. Der hierzu benutzte basische Process, eine der bedeutendsten Erfindungen des neueren Eisenhüttenwesens, gestattet es, den Phosphor unter Umständen bis auf relativ geringe Mengen zu beseitigen und vollkommen weiche und zähe Produkte zu erzielen. Da aber bei allen derartigen Neuerungen sich unter allen Umständen die einfachsten Lösungen nicht gleich finden lassen, so hatte man und hat man noch Veranlassung genug, das Verhalten der minimalen Phosphorgehalte in den Converterprodukten zu studiren.

Das Verhalten im Gegensatz zu den übrigen Bestandtheilen, die Vertheilung in den Blöcken sowie in der Waare, ferner die Einwirkung auf Schweiss- und Hämmerbarkeit des Eisens, auf seine dichte und schöne Oberfläche, sein Gefüge — sind äusserst wichtige und bedeutsame Momente, die noch nicht vollständig aufgeklärt wurden. Sie hängen so sehr mit den lokalen Eigenthümlichkeiten der Fabrikationen zusammen, dass sie in der Besprechung und Würdigung kaum von deren Schilderung zu trennen sind und dass sich noch eine ganze Reihe von Beobachtungen zu den bisher Gesammelten gesellen muss, ehe sich ein einigermaassen vollständiges Bild wird zusammenstellen lassen.

Das Verhalten z. B. bezüglich der Nebenbestandtheile bestätigt im Allgemeinen den alten Satz, dass der Phosphor immer mehr Kaltbruch hervorbringe, je grösser der neben ihm im Eisen befindliche Kohlenstoffgehalt sei.

Die Vertheilung anlangend, so haben direkte Untersuchungen ergeben, dass sich die eigentlichen Phosphorverbindungen während des Abkühlens und Erstarrens von den metallreicheren Portionen sondern und in den Gussblöcken nach oben ziehen (leicht erklärbar, weil sie specifisch leichter sind), sodass zwischen dem Phosphorgehalt der oberen und dem der unteren Schichten eines grossen Ingots erhebliche Differenzen obwalten können.

Die Einwirkungen auf die Schweissbarkeit und Hämmerbarkeit entsprechen im Allgemeinen den früheren mit Puddelprodukten gemachten Erfahrungen, nur influirt der Umstand, dass die Darstellung das Produkt in flüssiger Form liefert und dazu modificirt der Einfluss der Erstarrung auf die verschiedene Gefügebildung die ursprünglich einfache Erscheinung.

Die anderweitigen, mit der Flussstahl- und Flusseisenfabrikation verbundenen Eigenthümlichkeiten, die Gasabsorption und -Entwickelung, sowie das Vorkommen solcher Ausscheidungen, compliciren natürlich die beobachteten Verhältnisse und es wird dadurch bei den neuen Produkten ausserordentlich schwer, die Einzelreaktion oder Einzelerscheinung genau zu verfolgen. Die ganz natürliche Geheimhaltung gelungener Hand- und Kunstgriffe trägt dazu bei, die Aufklärung zu hindern.

§ 31. Was nun das Verhalten des Phosphorgehalts in kohlehaltigem Eisen fremden Einflüssen gegenüber anlangt, so ist hier in erster Linie zu betonen, dass das phosphorreichere, kohlehaltige Eisen in der Wärme und oxydirenden Einflüssen gegenüber seinen Phosphorgehalt ebenso einzubüssen im Stande ist, wie seinen Gehalt an anderen Bestandtheilen. Während aber die Oxydationsprodukte der übrigen Nebenbestandtheile theils in flüchtiger Form entweichen, theils in dünnflüssige, in der Hitze stabile Verbindungen übergehen, ist das Verhalten der durch Oxydation des Phosphorgehalts hervorgebrachten Phosphorsäure ein durchaus anderes.

Da sie wahrscheinlich nur als Phosphat von der Form $R_3 P_2 O_8$, der Schlacke sich beimischt, die ihrerseits ursprünglich nur aus Silikaten von der Form $R_2 SiO_4$ bestehen dürften, so ist zu der

Bindung der Phosphorsäure immer eine gewisse Basicität der Schlacke nöthig, welche sowohl bei ursprünglich siliciumreichem Eisen als auch im Contakt mit sehr kieselsäurereichen Ofenfuttern, Herdmassen etc. nicht immer bequem und namentlich nicht immer billig zu erzielen ist.

Die hauptsächlich hierbei in Betracht kommende Base ist das Eisenoxydul, welches in gewissen Fällen natürlich auch vom Manganoxydul vertreten werden kann. Die Oxydation des Phosphors in kohlehaltigem Eisen geschah deshalb stets unter erheblichen Opfern an Eisen, denen man mehr noch durch besondere Schlacken- oder Erzzusätze, theilweise in Form von Herd- und Ofenfuttern zu begegnen suchte. Das Gelingen dieser Art der Entphosphorung war vollständig, sobald keinerlei Gelegenheit zur Rückreduktion der Phosphorsäure gegeben war, welche Erscheinung in einem gewissen Stadium des ganzen Oxydationsprocesses eintrat, wofern nicht vorher schon die das Eisenphosphat enthaltende Schlacke abgelassen war.

Ob das nach und nach sich isolirende Eisen im Contakt mit der Schlacke diese Reduktion der Phosphorsäure allein bewirkte, ob es die gegen das Ende der Entkohlung eintretende mögliche Dissociation des Kohlenoxyds verrichtete, ist schwer zu entscheiden; wahrscheinlich wirken beide Einflüsse schliesslich ein.

Jedenfalls steht nach bereits ganz alten Erfahrungen fest, dass zu einer wirksamen Beseitigung des Phosphorgehalts mittelst Oxydation eine Entfernung der Schlacke vor dem Ende der ganzen Operation erforderlich ist.

An Stelle des Eisenoxyduls und Manganoxyduls als Basen der zu bildenden Phosphate, wurde nach vielen Versuchen durch Gilchrist und Thomas der Kalk, bezw. die Magnesia vorgeschlagen und dieser Vorschlag bildet die Basis des heutigen Thomasirens. Das Material wird theils als Fütterung der Frischgefässe, theils als besonderer Zusatz angewandt und besteht aus verschieden vorbereitetem Kalk, bezw. Dolomit.

Die Ausführung des neuen Verfahrens brachte die eminent bedeutsame Erfahrung, dass es möglich ist, nach vollständiger Oxydation aller anderen Nebenbestandtheile auch den Phosphor in sehr kurzer Zeit vollkommen zu beseitigen. Dadurch wurde allen anderen Vorschlägen, den Phosphor neben den übrigen Bestandtheilen fortzubringen, die Spitze abgebrochen und diese theils unvollkommenen, meist aber sehr weitläufigen und umständlichen Methoden vollständig beseitigt.

Das Detail dieser gesammten Oxydationsvorgänge wird bei der Vorführung der Frischprocesse besprochen werden.

Auftreten, Einwirkung und Verhalten des Schwefels im kohlehaltigen Eisen.

§ 32. Es ist früher schon angedeutet worden, dass der Schwefel eine grosse Verwandtschaft zum Eisen hat und dass sehr leicht eine Aufnahme desselben bei Gelegenheit der Fabrikationsprocesse stattfindet. Ebenso ist hervorgehoben worden, dass der Schwefel eine für die Verarbeitung des Eisens sehr bedenkliche Erscheinung hervorbringt, die als Rothbruch längst bekannt und gefürchtet ist.

Wegen dieses, die Darstellungs- und Vollendungsarbeiten selbst behindernden Einflusses wird die Aufnahme des Schwefels im Eisen nach Möglichkeit zu hindern gesucht und wird dazu ein Weg erfolgreich beschritten, welcher bereits im Stadium der Roheisenfabrikation möglich ist und den Eintritt des Schwefels in den ganzen Kreislauf der Eisenhüttenprocesse erfolgreich beschränkt. Was dann noch an Schwefel wirklich in die verschiedenen Eisensorten übergeht, ist unerheblich und nur in einzelnen Fällen bedenklich oder gefährlich. Trotzdem sind Fälle bekannt, wo der Schwefelgehalt der Hochofenprodukte so hohe Werthe erreichte, dass man Abstand nehmen musste, den Betrieb selbst aufrecht zu erhalten. Es geschah das allerdings früher öfters als in der Gegenwart, da man die Mittel, das Uebel zu beseitigen, nicht kannte oder nicht anwenden mochte.

Der Schwefel wird besonders leicht in das Eisen übertreten, wenn weisses oder halbirtes Eisen aus schwefelhaltigen Materialien (Erzen oder Brennstoffen, oder Beiden) erblasen werden soll und wenn nicht eine basische und doch durch Mangan hinlänglich flüssige Schlacke dargestellt werden kann. Bei manganreichen Erzen ist es anders, weil, wie bereits oben (S. 157) mitgetheilt ist, Mangan direkt auf die Entschwefelung einwirkt.

Im Roheisen wirkt der Schwefel natürlich weniger bedenklich wie im schmiedbaren Eisen, weil die technische Verwendung des Roheisens (zu Giessereizwecken) keine so hohen Forderungen an die Festigkeit der Produkte stellt, namentlich aber, weil bei der Herstellung der betreffenden Waaren jede mechanische Behandlung im glühenden Zustand ausgeschlossen ist, bei welcher ja der Rothbruch am verhängnissvollsten sein würde. Trotzdem bemerkt man dessen Gegenwart sehr wohl bei starkem Schwefelgehalt, wenn man das Abschlagen der Eingüsse und Lüfte an der fertigen, noch glühenden Gusswaare vornimmt.

Ein schwefelreiches Roheisen macht oft den Eindruck grösserer Dichtigkeit und Festigkeit anderen, z. B. phosphorreichen Roheisensorten gegenüber, doch nur, wenn die entsprechenden Beobachtungen

in der Kälte angestellt worden sind*). Schon Karsten hat dies hervorgehoben, aber es muss zur Vermeidung von Missverständnissen zugefügt werden, dass nur in dem Fall, wo das Eisen ganz grau bleibt, diese Festigkeitszunahme beobachtet worden ist, und nur immer bei einem Schwefelgehalt bis höchstens 0,4‰.

Wächst der Schwefelgehalt und hat man denselben in weissem zur Frischerei bestimmten Roheisen constatirt, so vermindert sich die Festigkeit erheblich und alle Erscheinungen der Brüchigkeit treten auf, ausserdem ein gewisser Grad von Dickflüssigkeit, der auch sehr leicht einen blasigen Charakter des Roheisens hervorruft und eine gesteigerte Erstarrungsgeschwindigkeit, ohne jeden Uebergang. Die letztere Erscheinung, allen weissen Roheisensorten mehr oder minder angehörig, hängt innig mit dem Vorherrschen von Eisenverbindungen und mit dem Zurücktreten des reinen Eisens zusammen.

§ 33. Im schmiedbaren Eisen sind die Grenzen für die zulässige Höhe des Schwefelgehalts dem Vorhergesagten entsprechend, natürlich weit enger zu ziehen und bei einzelnen Sorten des schmiedbaren Eisens darf der Schwefelgehalt kaum Spuren überschreiten, während andere wiederum etwas mehr davon zu vertragen scheinen.

Man nimmt an, dass bereits bei 0,2 Procent Schwefel der deutlichste, vollkommenste Rothbruch vorhanden und dass es unmöglich ist, ein solches Material in irgend einer Weise bei Rothgluth zu behandeln**). Diese Wirkung steigert sich, wenn das betreffende schmiedbare Produkt noch andere Nebenbestandtheile hat, wie z. B. jeder härtere Stahl und es wird diese Steigerung besonders beobachtet, wenn der betreffende Nebenbestandtheil an sich stark einwirkt.

Aus diesem Grunde kann ein reiner Kohlestahl, selbst ein Silicium- und Kohlestahl, immer etwas mehr Schwefelgehalt vertragen als die Produkte des Thomasirens oder andere mit einem gewissen Phosphorgehalt versehenen, schmiedbaren Fabrikate. Es ist wenigstens eine allgemein bestätigte Erfahrung, dass ein schwefelfreies Thomas-Roheisen im Converter bessere Produkte gibt als ein nicht schwefelfreies oder als ein schwefelreicheres. Es hat diese Wahrnehmung eine gewisse Beschränkung der Materialwahl beim Thomasprocess zur Folge gehabt und es sind manche Roheisensorten nicht so tauglich befunden worden, als man sich vorher gedacht hatte. Es ist zudem noch zu bemerken, dass es im Bereich der bezüglichen Fabrikationsprocesse vollkommen unmöglich ist, den Schwefelgehalt eines Materialroheisens zu beseitigen und dass alle derartigen Versuche der Entschwefelung nur im Hochofenstadium angebracht sind und auch nur in solchen Fällen, wo der nachherige Stahl- oder Stabeisenprocess die Verwendung von siliciumhaltigem oder gar siliciumreichen Roheisen gestattet, weil die Entschwefelungsprocesse meist mit Steigerung des Kalksatzes und deshalb mit Steigerung der Schmelztemperatur verlaufen.

§ 34. Die Existenz des Schwefels im kohlehaltigen Eisen muss naturgemäss als Schwefeleisen, vermuthlich als Einfachschwefeleisen vorausgesetzt werden. Setzt man das schwefelhaltige Eisen der Einwirkung von Sauerstoff aus, sei es Luftsauerstoff, sei es der Sauerstoff von Metalloxyden oder sauerstoffreichen Schlacken, so merkt man wohl eine Oxydation von Schwefel, aber nur bis zu einem gewissen Grade.

Eine Abnahme des Schwefels wird bei allen Frischprocessen constatirt. T. H. Henry fand, dass ein Gehalt von 0,577‰ in einem Converterprocesse auf 0,017‰ heruntergegangen war (vergl. Percy, Iron and Steel, 773), aber doch nur in geringem Maasse während der Oxydation der anderen Nebenbestandtheile. Viel stärker scheint die Entschwefelung zu sein, wenn das Ausschweissen des Eisens ausgeführt wird, die Erhitzung zum Behuf weiterer Formgebung; wenigstens weist man Frischkolben, welche einen gewissen Grad von Rohheit, Kantenrissigkeit etc. zeigen, nicht zurück, sondern unterwirft sie nur einem sorgsamen Ausschweissen, bezw. längerem, vorsichtigen Erhitzen.

In welcher Form die Entweichung des Schwefels thatsächlich stattfindet, darüber können nur Vermuthungen herrschen, da eine feste Form für das eventuelle Oxydationsprodukt nicht wohl vorausgesetzt werden kann; vielfach wird ein Aussaigern des Schwefeleisens angenommen.

Oxydationsprocesse von Schwefelmetallen entwickeln bei nicht zu hoher Temperatur schwefelige Säure, bei höherer Hitze und Gegenwart von bestimmten Oxyden, Schwefelsäure, in manchen Fällen sogar Schwefeldämpfe. (Bei sehr viel Schwefel und bei dem sehr heissen Rösten mancher Eisenerze, Band I, S. 179).

*) Die durch eine Mittheilung Akerman's bekanntgewordene Erfahrung, betreffend die Erzielung eines 0,1—0,14‰ Schwefel enthaltenden Kanonenroheisens zu Finspong in Schweden, die vielfach so ausgelegt worden ist, als steigere der Schwefelgehalt die Festigkeit des Gusses, muss so interpretirt werden, dass das sehr lose oktaedrische Gefüge des reinsten Finspong-Kanonenmaterials durch einen derartigen Zusatz erst dicht und gut giessbar gemacht werden kann. Jede andere Substanz, die sich mit Eisen verbindet, z. B. ein minimaler Phosphorzusatz, etwas Siliciumeisen oder Siliciummangan würde in gleichem Sinne, wenn auch vielleicht nicht in gleichem Maasse gewirkt haben. (Kärnthener Zeitschrift 1876, S. 227).

**) Die weiter unten gelegentlich der Besprechung des Verhaltens von Eisen zum Kupfer und zu Kupfer und Schwefel erwähnten Versuche von Wasum in Bochum (Stahl und Eisen 1882, S. 162) haben unzweifelhaft festgestellt, dass ein Stahl von

0,393 *C*, 0,141 *Si*, 0,065 *P*, 0,695 *Mn*, 0,158 *S* und 0,040 *Cu*

noch gute Produkte gab, dagegen ein anderes Gemisch von

0,258 *C*, 0,136 *Si*, 0,043 *P*, 0,500 *Mn*, 0,201 *S* und 0,076 *Cu*

ein schlechtes, absolut nicht mehr verwendbares Produkt ergab.

Für keines dieser Produkte kann man im Oxydationsprocess kohlehaltigen Eisens einen Platz finden. Schweflige Säure würde allerdings ohne weiteres den Gasen des Oxydationsapparates sich zugesellen, auch die Dämpfe der Schwefelsäure kann man sich als verjagbar vorstellen, wenn man nicht annehmen müsste, dass sie in Berührung mit metallreichen Schlacken und Metallen festgehalten und schliesslich wieder in Schwefelmetall zurückgeführt werden könnten.

Schwefeldämpfe endlich sind kaum vorauszusetzen, bei Gegenwart weissglühenden, grösstentheils doch metallischen Eisens.

§ 35. Manche Metallurgen haben auch die Bildung des Schwefelkohlenstoffs im Converterprocess als plausible Erklärung vorauszusetzen vorgeschlagen; Beweise dafür, direkte Beweise werden wohl nicht aufzustellen sein. Die alten Versuche Cluzel's und Karsten's (dessen Eisenhüttenkunde I, S. 427) sprechen an sich schon gegen die Existenzmöglichkeit des Schwefelkohlenstoff sin Gegenwart von noch immer kohlehaltigem metallischen Eisen und ein diesen Vorfall ändernder Einfluss einer oxydirenden Atmosphäre ist ja nicht denkbar; im Gegentheil es wird sich nur die Entstehung von schwefeliger Säure und Kohlensäure alsdann voraussetzen lassen.

Akerman (Kärnthener Zeitschrift 1876, S. 166) bespricht ziemlich ausführlich diesen hypothetischen Verbindungszustand des Schwefels und die Möglichkeit seiner Entstehung, verneint aber auch die Existenz eines durchschlagenden Beweises. In den von ihm recapitulirten Experimenten:

1. Bildung von Schwefelkohlenstoff durch starkes Erhitzen von Kohle und Schwefel;
2. Bildung von Schwefelkohlenstoff durch starkes Erhitzen von Kohle mit Zweifachschwefeleisen,

liegt indess eigentlich die Ablehnung oder Verneinung für die Möglichkeit, durch Erhitzen von Kohle und Einfachschwefeleisen, Schwefelkohlenstoff zu bilden. Es ist das trotzdem eine von Berthier gemachte Annahme und Akerman tritt derselben bei, ohne sich weiter über den Widerspruch zu erklären, welcher in der Nebeneinanderstellung dieses und des obigen Experiments 2. liegt, bei dessen Erwähnung derselbe Autor ausdrücklich sagt, dass das Zweifachschwefeleisen eben die Hälfte seines Schwefels abgäbe, dass also Einfachschwefeleisen zurückbliebe.

Da man aber die Eisenschwefelverbindung in den gekohlten Eisensorten doch höchstens als Einfachschwefeleisen ansehen kann, so ist schwer einzusehen, dass sich Schwefelkohlenstoff bilden kann, wie man bei manchem schwefelreichen Roheisen vermuthet hat, aus welchem beim Fliessen Schwefelkohlenstoffdämpfe unter Entzündung entweichen sollen. (Ledebur, Eisenhüttenkunde, S. 251.)

Man kann vielleicht annehmen, dass die Schwefeleisenverbindung im kohlehaltigen Eisen in der Hitze zerfällt und sich in Zweifachschwefeleisen und Eisen zerlegt, worauf dann weitere Zersetzungen des ersteren auftreten.

Noch wahrscheinlicher ist die bei einer gewissen Temperatur eintretende Ausscheidung des Einfachschwefeleisens und das Aufgenommenwerden durch die Schlacke. Eine solche Ausscheidung könnte auch die Erklärung abgeben für die Thatsache, dass beim Ausschweissen bereits ganz dichter Kolben oder Blöcke noch Entschwefelung stattfinden kann.

Man wird dieser Ungewissheit im Verhalten des Schwefels gegenüber gut thun, auf eine möglichste Vertreibung desselben hinzuarbeiten oder vielmehr die Aufnahme des Schwefels im ersten Produkt des Hochofenprocesses möglichst zu hindern und zu schmälern.

Der Schwefel ist in seinem Wirken verderblich genug für die Eisenqualität, deren Erhaltung, bezw. Steigerung ja doch immer die Hauptrücksicht bei der Leitung des Betriebes bildet.

Auftreten und Einwirkung des Mangans im kohlehaltigen Eisen.

§ 36. Dem im vorigen Theil dieses Kapitels über die Rolle des Mangans Gesagten, braucht nur wenig zugefügt zu werden.

Die hervorstechendste Wirkung der Manganaufnahme im kohlehaltigen Eisen, ist die Begünstigung des gebundenen Zustandes der Kohle; wenn auch nicht gesagt werden kann, dass zur Bildung hochgekohlten Eisens ein Mangangehalt desselben unbedingt nothwendig sei, so ist doch sicher, dass manganreiches Eisen sehr viel leichter in hochgekohltem Zustand erhalten werden kann. Man muss nach den betreffenden Erfahrungen eben annehmen, dass Mangan eine grössere Neigung hat, sich mit dem Kohlenstoff zu verbinden als das Eisen, sobald es wie dieses in reducirtem Zustand mit kohlehaltigen Substanzen und in hoher Temperatur zusammentrifft.

Da im Reduktionsprocess der Eisenerze Mangan weit später reducirt wird als Eisen und da das letztere daher auf jeden Fall eher gekohlt sein dürfte, so wirkt die nacherige Aufnahme des Mangans zunächst wohl auf die erneute Auflösung oder Bindung des Graphits und dürfte das Eisen weiss machen. Nebenher wird vielleicht auch noch fester Kohlenstoff auftreten und sich mit dem Mangan verbinden.

Man beeinflusst, wie das die direkten synthetischen Arbeiten von Caron beweisen, die Färbung des Roheisens durch die veranlasste grössere oder geringere Aufnahme von Mangan in Folge eigenthümlicher Beschickungsverhältnisse.

§ 37. Im Band 57 der Comptes rendus, S. 786 berichtet Caron über diese Versuche, die den Einfluss der Zuschläge bei manganhaltigen Beschickungen klar stellen sollten.

Ein Eisenspath, welcher 71,0 $FeCO_3$
13,3 $MnCO_3$
11,2 $MnCO_3$
0,2 $CaCO_3$
4,3 Quarz in 100 Theilen enthielt, ergab unter Zusatz von

$10/_{00}$	$CaCO_3$ einen weissen Regulus mit	7,93	Mn + 0,05	Si	No. 1
$5/_{00}$	„ „ „ „ „	6,32	„ + 0,08	„	„ 2
$5/_{00}$	CaF einen halbirten „ „	4,70	„ + 0,30	„	„ 3
$5/_{00}$	erdiger SiO_2 einen grauen Regulus mit . .	3,81	„ + 0,55	„	„ 4
$10/_{00}$	„ „ „ sehr grauen Regulus mit	2,25	„ + 0,76	„	„ 5
$5/_{00}$	„ „ „ grauen Regulus mit . .	3,90	„ + 0,50	„	„ 6
$5/_{00}$	„ „ „ „ „ „ . .	2,10	„ + 0,75	„	„ 7

Bei den Versuchen No. 6 und 7 fand der Unterschied in der Behandlung statt, dass No. 6 bei so niedriger Temperatur als eben möglich, No. 7 dagegen bei starker Ueberhitzung ausgeführt wurde.

Wenn Caron aus den Untersuchungen folgert, dass

1. die *Mn*anreicherung des Eisens ∷ der Basicität der Schmelze geschehe;
2. die Farbe des Roheisens von dem Wechsel im Zuschlag abhingen,

so ist 1. richtig, 2. aber nicht, da bekanntlich das Verhältniss der Reduktibilität zur Schmelztemperatur hierbei die Hauptrolle spielt und da die obigen Versuche auch einen direkten Einfluss des Mangans erkennen lassen.

Die sonstigen Wirkungen des Mangans, die es indirekt, d. h. durch Verschlackung bei den Reduktionsprocessen ausübt, kommen hier nicht in Betracht.

§ 38. So lange der Mangangehalt des kohlehaltigen Eisens, wie es bei der Reduktion der Eisenerze gewonnen wird, sich in solchen Grenzen hält, dass höchstens $^1/_4$ der ganzen Substanz aus Mangan besteht, ändert sich die äussere Beschaffenheit wenig, wogegen bei Wachsen des Mangangehalts die Textur und die Krystallisation eine andere wird, auch einzelne physikalische Eigenschaften eine Aenderung zeigen.

Die bekannten Charaktere des Ferromangans, sein splitteriger, seidenglänzender Bruch, die nadelartigen Krystallisationen in seinen Hohlräumen unterscheiden es wesentlich von den hochgekohlten Spiegeleisen- und Weisseisensorten mit vorherrschendem Eisen- und zurücktretendem Mangangehalt. Ob dieser Unterschied in dem Gefüge auch erhebliche Unterschiede in den Festigkeitsverhältnissen bedingt, ist noch nicht untersucht worden; unwahrscheinlich ist es aber nicht, dass die Neigung des Ferromangans, lange splitterige oder fadenartige, faserige Krystallisationen zu bilden, im Gegensatz zu den breiten Blätterbrüchen des hochgekohlten Eisens günstiger auf die Festigkeit des Ganzen wirkt und dass versteckte Ausscheidungen von Kohlemangan in den manganreicheren schmiedbaren Eisensorten einen etwas anderen Einfluss haben werden, als Ausscheidungen von Kohleeisen.

Bei den in neuerer Zeit von Wedding wieder aufgenommenen Untersuchungen von Texturflächen nach erfolgtem Schliff und Aetzung würde auch dieser Punkt in Betracht zu ziehen sein, da jedenfalls derartig Kohlemangan-Ausscheidungen ebensogut auftreten werden als die Ausscheidungen des Kohleeisens.

§ 39. Aus der vorausgesetzten grösseren Verwandtschaft des Mangans zur Kohle könnte man auch ein ähnliches Verhalten gegenüber dem Silicium im kohlehaltigen Eisen voraussetzen, wenn es nicht gewagt wäre, Voraussetzung auf Voraussetzung in dieser Weise aufzubauen.

Ein direktes Experiment ist nur der von Berzelius bereits mitgetheilte Versuch Sefströms, Manganoxyd mit Kieselsäure und Kohlenstoff zu reduciren. Das so erhaltene Metall soll 8—$10/_{00}$ Silicium erhalten haben und soll selbst in Königswasser unlöslich gewesen sein.

In ähnlicher Weise dargestelltes Siliciumeisen mit 9—$12/_{00}$ Silicium, zersetzte sich dagegen nach den Versuchen von Smith und Weston durch Behandlung mit kochender Salzsäure, durch Digeriren mit Salzsäure, endlich durch Königswasser. (Percy-Wedding I, S. 116 u. ff.)

Wenn durch diese Versuche die grössere Stabilität des Siliciummangans auch erwiesen ist, so kann man die Bildung desselben in den Eisenhüttenprocessen doch nur dann beobachten, wenn sehr hohe Temperaturen und passende Schlacken die gleichzeitige Reduktion von Mangan und Silicium überhaupt herbeiführen. Die Wahrnehmung wird aber durch die gleichzeitig erfolgende Kohlenausscheidung gestört, die durch die Aktion des Siliciums auf Kohleeisen und Kohlemangan entstehen muss, wenn sie auch eine weniger starke ist als bei wenig Mangan und viel Silicium.

Dieses Verhältniss ist überhaupt für die schmiedbaren Eisensorten von höchster Wichtigkeit, sowohl bezüglich der Darstellungsprocesse als auch hinsichtlich der Wirkung in den Produkten selbst,

da der (nach dem Obigen ziemlich starken) Verwandtschaft von Mangan und Silicium die (ebenfalls starke) Verwandtschaft beider im oxydirten Zustand, d. h. als Kieselsäure und Manganoxydul gegenübersteht, und da zu der letztgenannten Frage noch verschiedene, mehr physikalische Fragen treten, welche zu verschiedenen Erwägungen Veranlassung gegeben haben.

Die grössere Dünnflüssigkeit des Manganoxydulsilikats in Verbindung mit der Oxydirbarkeit des Siliciummangans veranlasste die Verwendung des letzteren in solchen Fällen, wo ein etwas stark sauerstoffhaltiges, also mit eisenreichen, mithin dickflüssigen Schlacken durchsetztes Metallbad vor dem Ausgiessen von diesen unangenehmen und schädlichen mechanischen Beimengungen befreit werden sollte.

Die Wirkung war eine doppelte: erstens reducirte das Siliciummangan das Magnetoxyd theils zu Metall, meistens aber zu Oxydul und zweitens gab das entstehende Mangansilikat der übrigbleibenden Oxydulschlacke den zum ungehinderten Aufsteigen im Metallbad erforderlichen Flüssigkeitsgrad.

Wenn man in den meisten Fällen von der Anwendung des Siliciummangans wieder zum Ferromangan, d. h. zum hochgekohlten Manganroheisen zurückging, so lag das an dem hohen Preise des Siliciummangans, welches bisher nur in Tiegeln darstellbar war, also unter ökonomisch ungünstigen Verhältnissen, während das Ferromangan längst Hochofenprodukt geworden ist.

Durch richtige Combination des Kieselrückhaltes in den Bädern und des Zusatzes manganreichen Spiegels oder Ferromangans gelangte man nach und nach ebenfalls dahin, die in dem Bad vertheilten Metalloxyde in die Höhe zu bringen und in Form dünnflüssiger Schlacken auszuscheiden.

§ 40. Wenn in Bezug auf die Wirkung des Mangans bei den Darstellungsprocessen des schmiedbaren Eisens Zweifel nicht mehr existiren und man dahin wohl übereinkommt, dass die Hauptwirkung des Mangans dabei in dessen Einfluss auf die Bildung einer geeigneten, die verschiedenen schädlichen Bestandtheile des Bades aufnehmenden Schlacke bestehe, so herrscht dagegen hinsichtlich der Wirksamkeit des im Bade selbst oder besser gesagt, im Produkt zurückbleibenden Mangangehaltes keine volle Uebereinstimmung unter den Eisenhüttenleuten und metallurgischen Autoritäten.

Die Einen behaupten: die Gegenwart des Mangans sei unbedingt erforderlich, um ein Metall herzustellen, welches frei von Rothbruch und gleichzeitig leicht schweissbar sein solle.

Die Andern dagegen sagen (und unter ihnen der verstorbene Dr. Siemens): die Gegenwart des Mangans sei mehr ein Schlupfwinkel, um die verschiedensten Unvollkommenheiten zu verstecken (wörtlich: a cloak to hide imperfections). Dieser letzteren Ansicht muss man beipflichten, wenn man hier und da die Gegenwart des Mangans in der Fabrikation des schmiedbaren Eisens als ein Universalmittel gegen alle sonstigen Unregelmässigkeiten der Fabrikation anpreisen hört, wobei allerdings fast immer die Wirkung der Manganverschlackung mit einbezogen wird, sodass über die Wirkung des Verbleibs von Mangan im Produkt selbst sehr widersprechende Ansichten herrschen.

Da der Manganzusatz zu reinem Eisen jedenfalls eine Härtezunahme und eine Steigerung des Schmelzpunktes hervorruft, so kann man der Gegenwart des Mangans im Eisen und Stahl an sich keinen so günstigen Einfluss zuschreiben, wie das seitens oberflächlicher Beobachtung leicht geschieht.

Siemens hat indessen bereits früher (Vortrag vor der Londoner Chemischen Gesellschaft, Mai 1868) das Faktum hervorgehoben, dass der chemische Einfluss eines Zusatzes von metallischem Mangan zu einem Bade flüssigen Eisens sofort aufhört, sobald das Metallbad noch einige Zeit der Wirkung der Ofenflamme ausgesetzt ist, z. B. noch über eine halbe Stunde. Dabei wurde die Unabhängigkeit dieser Wirkung von irgend einer fühlbaren weiteren Verminderung des Kohlenstoffgehalts constatirt und Siemens schliesst daraus, dass eine Spur Mangan im Stahlbad zurückbleiben müsse, wenn man die vortheilhafte Wirkung ferner nachweisen wolle.

Es muss hierzu bemerkt werden, dass das betreffende Metallbad schwefelfrei und überhaupt frei von allen Nebenbestandtheilen gewesen sein muss, deren schädlicher Einfluss durch die Gegenwart des Mangans nachweislich bekämpft wird, dass es also möglich war, den Einfluss des Mangans auf kohlehaltiges Eisen an sich zu beachten.

Das Verschwinden des wohlthätigen Einflusses bei längerem Verweilen liegt jedenfalls (was Dr. Siemens nicht ausdrücklich zugefügt hat) an der weitergehenden Oxydation des Metallbades und an der Bildung von Silikaten, welche das Mangan aufzehrten und bei noch weitergehender Oxydation wiederum den Einfluss von Oxyden im Metallbad möglich machten.

Ein anderer von Dr. Siemens angezogener Versuch, der für die Beurtheilung der technischen Nothwendigkeit eines Mangangehalts in den weiter zu verarbeitenden Stahl- und Eisensorten sehr wichtig ist, ist der folgende:

Ein aus englischem Rohmaterial hergestellter Gussstahl, welcher durch Manganzusatz vollständig bearbeitbar bei Rothgluth geworden war, verlor nach nochmaligem Umschmelzen ohne weiteren Manganzusatz diese Eigenschaft vollständig und wurde wieder ebenso rothbrüchig als früher.

§ 41. Hiernach würde in der Handelswaare der Stahl- und Stabeisenfabrikation ein Mangangehalt besonders dann von Werth sein, wenn diese Handelswaare bestimmt wäre, durch den Maschinenbau und die Kleinindustrie unter Anwendung von Wärme weiter verarbeitet zu werden.

Aber auch solche Handelswaare, welche vollkommen fertig zu dem jeweiligen Zweck geliefert wird, z. B. das Material der Bahnschienen, enthält in der Regel Mangan, weil man gefunden hat, dass seine Gegenwart ein schmiedbares Eisen bearbeitbar macht, welches sonst durch die Gegenwart von anderen Nebenbestandtheilen unfähig zu solcher Bearbeitung wäre.

Unter dem Ausdruck „Bearbeitung“ kann hier nur die auf dem Eisenwerke selbst verlaufende Umwandlung der Gussblöcke in gewalzte und durch die Ajustage weiter vollendete Produkte gemeint sein und wirkt hierbei der Mangangehalt wohl nicht direkt, sondern ist gewissermaassen nur die Folge einer Procedur, die im Frischprocess zur thunlichsten Verminderung des Kohlegehalts vorgenommen werden musste.

Es ist dann mehr die Verminderung des Kohlegehalts in Folge der Benutzung eines Ferromangans bei der Desoxydation des fertigen Bades, als die aus der Ferromanganbenutzung hervorgehende Gegenwart des Mangans im Produkt die Ursache der Toleranz grösserer Phosphor- und selbst Schwefelmengen.

§ 42. Bei an sich reinen Produkten der Frischprocesse wird man aber von einem erheblichen Mangangehalt wohl nur im Fall nothwendiger wiederholter Erhitzung und Ausschweissung Nutzen verspüren und denselben so viel wie möglich einschränken.

Mushet schliesst z. B. aus seinen bereits vor über 25 Jahren durchgeführten Versuchen, dass nie mehr Mangan zur Stahl- und Flusseisenbereitung nothwendig ist, als hinreichend, um das gelöste oder im Bad vertheilte Eisenoxydoxydul zu beseitigen und dass, falls das angewandte Material wirklich gut war, ein Quantum von 0,05 Procent (also ½ Kilo auf die Tonne) metallisches Mangan ausreichend sei.

Für die Herstellung von Geschützen und für andere Verwendungen erster Klasse (Schiffsbleche, Torpedobleche und andere der Seewasserwirkung ausgesetzte Gegenstände) ist nach Dr. Siemens u. A. das Vorhandensein von mehr als einer Spur Mangan entschieden zu verwerfen.

Mangan, sagt Dr. Siemens in seiner prägnanten scharfen Weise, ist trotz seiner durchschlagenden Wirkung, die Unreinheiten vom Flussmetall abzuhalten, dennoch selbst eine Unreinigkeit, die nicht mit einer wirklich hohen Qualität des Produkts als verträglich erachtet werden kann. Seine Vertheilung in dem betreffenden Metall wird von Siemens als eine rein mechanische und noch dazu eine sehr ungleichmässige angesehen; das erstere kann bezweifelt werden, wogegen die letztere Voraussetzung durchaus bestätigt worden ist. Selbst in ausgewalzten Produkten der Flusseisenprocesse finden sich durchaus ungleiche Manganmengen, wenn man die einzelnen Zonen des Stabes der Länge nach untersucht.

In der stärkeren Oxydirbarkeit des Mangans im Verhältniss zum Eisen erblickt Dr. Siemens einen weiteren Grund, das Mangan als ständigen oder nützlichen Bestandtheil der Eisenfabrikate zurückzuweisen; jede wiederholte Erhitzung verändert und vermindert namentlich den Mangangehalt, ebenso äussern sich andere oxydirende Einwirkungen, z. B. der Contakt von Luft und Seewasser auf Schiffsbau- und Hafenconstruktionen etc.

§ 43. Die durch den Mangangehalt hervorgebrachte, in vielen Fällen beobachtete und auch bewiesene Steigerung der Schweissbarkeit ist somit wohl lediglich der Oxydation des Mangans und der hierdurch bewirkten grösseren Flüssigkeit der beim Schweissen sich bildenden Schlacke zuzuschreiben.

Ein diesbezüglicher direkter Einfluss des Mangans, dergestalt, dass eine Legirung von Mangan und Eisen in Weissglühhitze eher erweiche als reines Eisen, muss bestritten werden, da der Manganzusatz das Eisen in ähnlichem Sinn verändert wie andere der Nebenbestandtheile, d. h. dasselbe hart und spröde, ausserdem aber auch noch strengflüssiger macht.

Ob aber durch die Gegenwart des Mangans, der Kohlenstoff, das Silicium, der Phosphor etc. aus ihren Verbindungen mit dem Eisen in neuentstehende Verbindungen mit Mangan übergeführt werden und dadurch ein grösserer Antheil regulinischen Eisens entsteht, der zur Steigerung der Schweissbarkeit beiträgt, ist eine andere Frage, welche vielleicht discutirbar ist.

Versuche müssen allerdings auch entscheiden, ob aus dieser so ausgesprochenen Hypothese eine technische brauchbare Wahrheit hervorgeht.

Die Wirkung des Mangans wird noch, wenn nicht erläutert, doch gekennzeichnet durch Versuche, die man beim Puddeln mit steigenden Ferromanganzusätzen gemacht hat und die nicht immer gleiche Resultate gaben.

Die Aktiengesellschaft Phönix hatte 1880 in Düsseldorf folgende Reihe von Probestücken mit Festigkeitsangaben etc. angestellt.

Gepuddelt aus Roheisen mit 1,6/₀₀ Phosphor

Die Stäbe zeigten:	ohne Ferromangan	mit 1/₀₀ Ferromangan von 67/₀₀ *Mn*	mit 2/₀₀ Ferromangan von gleicher Qualität	mit 3/₀₀ Ferromangan desgleichen	mit 4/₀₀ Ferromangan desgleichen.
Festigkeit	36,7 K.	40,7 K.	42,2 K.	42,6 K.	44,8 K.
Dehnung	9,3/₀₀	17,0/₀₀	18,0/₀₀	25,0/₀₀	27,0/₀₀
Contraktur	23,2/₀₀	23,3/₀₀	30,4/₀₀	38,3/₀₀	43,6/₀₀

Weitere Angaben über die Ausführung der Proben waren nicht gemacht worden und war namentlich nicht zu ersehen, ob die Probestücke vom Luppenstab oder von einem geschweissten Eisenstab gewonnen worden, ob gewalztes Material oder geschmiedetes u. a. m.?

Voigt in Düsseldorf führte seinerseits Versuche nach ähnlicher Richtung durch und berichtete darüber in „Stahl und Eisen" I, 115.

Es war Eisen von 1,6/₀₀ *Ph* und Ferromangan von 63/₀₀ *Mn* zu den Versuchen disponibel, aus denen Chargen von 300 Kilo in verschiedenen Verhältnissen zusammengesetzt wurden. Die Chargen wurden unter ganz gleichen Verhältnissen, d. h. in demselben Ofen und von denselben Puddlern auf Feinkorn verpuddelt und zu Quadratstäben von 40 mm ausgewalzt, daraus Pakete gebildet, ausgeschweisst und wieder zu Stäben von 40 mm ausgewalzt.

Auch die Versuchsstäbe wurden ganz gleich vorgerichtet und dann probirt.

Es ergaben sämmtliche Versuche: ohne Ferromanganzusatz, mit 1,5/₀₀, 3/₀₀, 4,5/₀₀ und 7,5/₀₀ Ferromangan, fast gleiche Zerreissfestigkeit zwischen 38,25—40,00 Kilo schwankend; die Ausdehnung schwankte ebenfalls nur zwischen 7 und 9/₀₀, doch ohne irgend eine erkennbare Beziehung zu deren Ferromanganzusatz. Nur die Contraktion, welche ohne Ferromangan 41,5 betragen, fiel bei 1,9/₀₀ Zusatz auf 27,7 und stieg dann auf 43,6 — 38,8 — 43,0 — 45,9/₀₀, also ebenfalls in sehr wenig ausgeprägter Abhängigkeit von dem verwendeten Zusatze.

Als ein Mangel beider Versuchsreihen muss das gänzliche Fehlen von Analysen bezeichnet werden; jeder Erklärungsversuch ohne solche bleibt Hypothese.

Auftreten und Einwirkung sonstiger Elemente im kohlehaltigen Eisen.

§ 44. Ausser den vorerwähnten Nebenbestandtheilen der Eisenfabrikate, die in den allermeisten Fällen vorhanden oder nachzuweisen sind, können noch andere Elemente im Bereich der Eisenhüttenprocesse auftreten, deren Wirkung zu besprechen ist, weil Versuche gemacht worden sind, einzelne derselben als Constituenten von Eisen- und Stahlsorten zu benutzen und weil die Analyse in sehr vielen Eisensorten einzelne derselben nachgewiesen hat.

Von Nichtmetallen handelt es sich nur noch um drei Gasarten; den Stickstoff, welchem man von verschiedener Seite her Einfluss auf Stahlbildung etc. zugeschrieben hat, dann den Wasserstoff, der bei der Gasentwicklung aus flüssigem Stahl stark betheiligt ist, endlich den Sauerstoff selbst, der ebenfalls vorübergehend Aufnahme findet.

Weit zahlreicher sind die Metalle, welche nach und nach in nähere Beziehung zu den Eisenfabrikaten gebracht worden sind und welche zum Theil die sonstigen dem Eisen selbst und dem Mangan zugesellten Grundstoffe ersetzen sollten.

Dahin gehören vor Allem die Metalle Chrom und Wolfram, welche bei der Fabrikation von feineren und gröberen Stahlsorten theils versuchsweise verwendet, theils eine Zeit lang mit erheblichem technischen Erfolge benutzt worden sind; die weitere fortgesetzte Anwendung scheiterte an ökonomischen, d. h. finanziellen Schwierigkeiten.

Auch Titan, selbst Cadmium hat man als verstählende Substanzen vorgeschlagen, als Stahlbilder, ohne aber irgend welchen praktischen Erfolg zu bemerken.

Ein Metall, was leicht in das Hochofenprodukt übergeht und aus demselben seinen Weg weiter in die schmiedbaren Produkte nimmt, ist das Kupfer, über dessen Wirkung man lange Zeit sich falsche Vorstellungen machte und von dessen Schädlichkeit übertriebene Begriffe verbreitet waren.

Es kommt bei der Betrachtung der Beziehungen zu den angeführten Elementen, wie auch zu einigen anderen metallischen Substanzen durchaus nicht auf die Beziehungen an sich an, sondern darauf, ob im Bereich der Eisenhüttenprocesse, besonders der Fabrikationsprocesse vom schmiedbaren Eisen die betreffenden Elemente in irgend einem hervortretenderen Grade sich bemerklich machen oder schädlich werden können.

Untersucht sind eine Reihe von Verbindungen des Eisens mit anderen Metallen, welche aber bei der Darstellung dieser Metalle selbst mehr auftreten als bei den Eisenhüttenprocessen, deren hohe Temperatur schon alle flüchtigeren Metalle, z. B. Zink, Cadmium, Blei etc. ausschliesst, obwohl z. B. ein Theil des letzteren sich in flüssiger Form sammeln lässt. Metalle, deren Erze nie bei Eisenerzen oder als Bestandtheil derselben vorkommen, wie z. B. Zinn, haben ebensowenig Interesse für den Eisenhüttenmann.

Mit grösster Ausführlichkeit sind alle diese Beziehungen und die dahingehörigen Versuche ebenfalls von Percy behandelt worden; Band II, Abtheilung 1 der Percy'schen Metallurgie enthält das ganze ältere Material, etwa bis 1860 gehend.

Kohlehaltiges Eisen und Stickstoff.

§ 45. Die vielfach discutirten, namentlich auch von Fremy zu einer Stahltheorie benutzten angeblichen Beziehungen des Eisens zu Stickstoff sind später wiederholt angezweifelt worden, bis eine von Rinmann publicirte Arbeit über Stickstoffgehalt im Roheisen und Stahl, sowie über Kohlenstoffgehalte in gehärtetem und ungehärtetem Stahl, sich ausführlich mit der betreffenden Frage beschäftigte (Oefvers. of Akad. Förts 22. Novemb., p. 443 und Journal für practische Chemie 1867, c., S. 33. Dingler 185, S. 134.)

Er fand an Procenten:

im weissen Roheisen von Longbanshyttan . . .	neben 4,54	Gesammtkohlenstoff	0,008 N
„ grauen „ „ „ . . .	„ 4,55	„	0,005 „
„ Bessemerstahl No. 2	„ 2,22	„	0,005 „
„ „ „ 3,5	„ 1,27	„	0,005 „
„ „ „ 4,5	„ 0,86	„	0,005 „
„ rothbrüchigen Bessemerstahl ohne Spiegelflächen	„ 0,40	„	0,006 „
„ „ „ mit „	„ 0,45	„	0,008 „
„ gehärteten Bessemerstahl No. 3,5	„ 1,28	„	0,011 „
„ kaltgehämmerten Cementstahl	„ 1,50	„	0,016 „
„ gehärteten Cementstahl	„ 1,50	„	0,016 „

Weitere Untersuchungen von Allen (Iron, Vol. XVI, p. 132) ergaben u. a.:

im Spiegeleisen.	0,0041/00 N	mit 3,80/00 C und 20/00 Mn
„ dünnen Eisendraht . .	0,0123/00 „	
„ Panzerplattenmaterial .	0,0131/00 „	
„ Siemens-Martin-Stahl	0,0107/00 „	mit 0,22/00 C
„ Gussstahl	0,0172/00 „	„ 1,30/00 „

Die Anführung dieser wenigen Untersuchungen genügt, um darzuthun, dass in den flüssig erhaltenen, unbearbeiteten Produkten der Stickstoffgehalt 0,008/00 nicht übersteigt, also pro Kilo Eisenfabrikat 0,08 gr und dass dieses Quantum in dem bearbeiteten, namentlich dem gehärteten Eisen und Stahl auf das Doppelte kommt, also noch immer sehr unbeträchtlich ist.

Von einem Einfluss oder einer Wirkung des Stickstoffs kann keine Rede sein wie man anfänglich glaubte; eine stahlbildende, auf die Härtefähigkeit sich erstreckende Wirkung namentlich ist nicht gut anzunehmen. Vermuthlich absorbirt das Eisen bei Contakt von Stickstoffverbindungen in hoher Temperatur geringe Quantitäten, welche später besonders aus den flüssigen Produkten wieder entweichen, während sie in den bei der betreffenden Bearbeitung den Aggregatzustand nicht ändernden Fabrikaten eingeschlossen bleiben.

Ledebur hat Versuche gemacht, Eisen in reinem und trockenen Stickgas zu glühen, hat aber keine Stickstoffaufnahme constatiren können (Eisenhüttenkunde, S. 275). Da nun aber durch Glühen von Eisen in Ammoniakgas eine Gewichtszunahme bewirkt wird (Savart und Desprez, dann Buff) und der hierbei (nach Fremy) Wasserstoff nicht mit absorbirt wird(?), so scheint es fast, als wenn eine Stickstoffverbindung, vielleicht Cyan, als Stickstoffmagazin bei Absorption des Stickstoffs seitens der verschiedenen Eisenfabrikate betheiligt wäre.

Jedenfalls ist der blosse Luftstickstoff nicht ausreichend, um die Absorption zu bewirken und Cyanbildung kann man ja auch jederzeit, besonders bei Anwendung der Holzkohlen in den Heiz- und Schmelzprocessen der Eisenfabrikation beobachten.

Bewiesen dürfte durch das Vorstehende aber sein, dass von einer besonderen Wichtigkeit des Stickstoffgehalts praktisch keine Rede sein kann.

Kohlehaltiges Eisen und Sauerstoff.

§ 46. Dass durch ein längeres Verweilen des schmiedbaren Eisens in hoher Temperatur und in einem sauerstoffreichen Gasstrom oder einer oxydirenden Flamme die Eigenschaften des Eisens verändert und die Brauchbarkeit vermindert würde, war längst bekannt und belegte man ein derartiges Eisen mit dem Namen „verbrannt".

Dass weiter, bei dem ersten Inslebentreten der Converterprocesse, Aehnliches in dem betreffenden Endprodukt beobachtet wurde und dass dieses Endprodukt absolut unbrauchbar erschien, ist ebenfalls

bekannt, ebenso, dass die Idee, Spiegeleisenzusätze zu machen, zunächst den Zweck hatte, den Charakter des „Verbrannten Eisens“ fortzuschaffen und ein wirklich verwendbares Produkt herzustellen.

Dass eine Sauerstoffaufnahme hierbei die Hauptrolle spiele, wurde bald nach der ersten Verbreitung der Converterprocesse vermuthet und zunächst wohl durch Bender 1874 nachgewiesen, der den Sauerstoffgehalt in dem entkohlten Birnenprodukt auf 0,34 Procent feststellte. Dieser Sauerstoffgehalt kann in verschiedener Form vorhanden sein und rührt daher wohl die hie und da constatirte grössere Differenz in dem Gehalt daran, von verschiedenen sonst ziemlich ähnlichen Produkten des Converterprocesses.

Man nimmt gewöhnlich an, ohne direkte Beweise dafür zu haben, dass sich der Sauerstoff im verbrannten Eisen an eine zur Bildung des Oxyduls nothwendige Menge Metall gebunden vorfände und dass dieses Oxydulquantum im Metallbade aufgelöst sei.

Man schliesst hierbei aus der Analogie einiger anderer Metalle, z. B. des Kupfers, welches ebenfalls im Stande ist, Kupferoxydul aufzulösen und dadurch an Geschmeidigkeit zu verlieren. Auch für Blei, was weniger bekannt sein dürfte, haben sich ähnliche Verhältnisse beobachten lassen; sobald mit den hierzu construirten Maschinen Gewehrkugeln aus mehrfach umgeschmolzenem Blei hergestellt, d. h. gepresst werden sollten, zeigte sich das Metall von auffallender Härte und Unnachgiebigkeit, als deren Grund nach vergeblicher Aufsuchung von fremden Bestandtheilen, z. B. Antimon u. A., nur ein bis $^1/_3/_{00}$ betragender Gehalt an Sauerstoff vermuthet werden konnte.

Bei der Bestimmung des Sauerstoffs in verbrannten Endprodukten der Oxydationsprocesse kann es aber leicht kommen, dass noch die zweite Form der Bindung des Sauerstoffgehalts zu der im Metall selbst eingeschlossenen tritt, nämlich der Sauerstoffgehalt mechanisch eingemengter Oxyde und Schlacken. Es kann dies besonders bei den Schweisseisensorten, welche niemals in flüssigen Zustand versetzt, sondern nur durch wiederholtes Zusammenschweissen umgearbeitet und raffinirt werden, vorkommen.

Die durch Aufstreuen von Sand, auf und in den mit weissglühendem Hammerschlag bedeckten Paketen gebildete Schlacke wird leicht mit eingewalzt oder eingehämmert, so sehr man auch danach strebt, dieses Einschliessen zu vermeiden. Eine absolute Sicherheit, dass man es vermieden, hat man dabei nicht und der durchschnittliche Zustand der Luppen, wie sie aus den Puddelöfen kommen, lässt annehmen, dass schon dies allererste Stadium der Schweisseisenarbeit die Gefahr des Oxyd- oder Schlackeneinschlusses mit sich bringt und dass die als Elemente der Pakete benutzten Rohschienen vielfach schon Sauerstoff in Form von Schlacken enthalten können.

§ 47. Die Grösse des wirklich löslichen Sauerstoffgehalts im schmiedbaren Eisen ist umso grösser, je weniger anderweitige ebenfalls oxydirbare Grundstoffe vorhanden sind; daraus folgt, dass in den Endprodukten der Frischprocesse am meisten Sauerstoff nachzuweisen ist.

Dennoch geht nach Ausweis neuerer, mit verbesserten Mitteln der Untersuchung angestellter Analysen, der Sauerstoff nicht über $0,25/_{00}$, auch in den allerletzten Produkten von kräftigen Converterprocessen, z. B. im überblasenen Thomas-Eisen, vor dem Zusatz rückkohlender Materialien entnommen.

Eine längere Arbeit hat A. Ledebur in „Stahl und Eisen“ 1882, S. 193 erscheinen lassen, aus welcher folgende Daten entnommen sind. Es enthielten:

Graues Roheisen	$0,00\ /_{00}$	Sauerstoff
Martin-Eisen von Oberhausen . . .	$0,032/_{00}$	„
Zweiter Versuch	$0,038/_{00}$	„
Mittel	$0,035/_{00}$	„
Flusseisen von Bochum	$0,053/_{00}$	„
Zweiter Versuch	$0,042/_{00}$	„
Mittel	$0,047/_{00}$	„
Thomas-Eisen vor der vollständigen Entphosphorung entnommen; von den Rheinischen Stahlwerken	$0,069/_{00}$	„
Zweiter Versuch	$0,067/_{00}$	„
Mittel	$0,068/_{00}$	„
Thomas-Eisen nach beendigter Entphosphorung vor dem Spiegeleisenzusatz entnommen; ebendaher	$0,126/_{00}$	„
Zweiter Versuch	$0,096/_{00}$	„
Schweisseisen von Gutehoffnungshütte	$0,507/_{00}$	„
Zweiter Versuch	$0,515/_{00}$	„
Dritter Versuch	$0,524/_{00}$	„
Mittel	$0,515/_{00}$	„

Diese Reihe ist sehr interessant; sie zeigt erstens die Abwesenheit von Sauerstoff im Roheisen, zweitens die vergleichsweise Armuth an demselben Bestandtheil im flüssigen Flammofenprodukt, drittens das Wachsen des Gehalts im Sauerstoff mit dem Fortschreiten der Converterprocesse und endlich viertens den wahrscheinlichen Einfluss eingemengter Schlacken (oder Oxyde) auf den Sauerstoffgehalt im Produkt der Puddelöfen.

In seiner Eisenhüttenkunde, S. 276, fügt Ledebur den aus vorstehender Reihe kurz abgeleiteten Sätzen noch drei Untersuchungen von Proben überblasenen Thomas-Eisens von Hörde bei, welche vor dem Spiegeleisenzusatz entnommen worden waren.

Dieselben ergaben:

Kohlenstoff . . .	0,037	0,123	0,050
Silicium	0,001	0,000	0,000
Schwefel	0,059	0,093	0,057
Phosphor . . .	0,038	0,077	0,085
Mangan	0,000	Sp.	0,000
Kupfer	0,046	0,095	0,061
Kobalt und Nickel	0,064	0,140	0,110
Sauerstoff . . .	**0,244**	**0,187**	**0,171**

Dann führt Ledebur noch an, dass ein Stück geschmolzenen Schweisseisens von der Sohle eines Schweissofens, das nach dem Kaltlegen gefunden und ausgebrochen wurde,

neben 0,052 Procent Kohlenstoff
0,177 „ Sauerstoff enthalten habe.

Diese Ziffern genügen wohl, um die bei der Sauerstoffaufnahme geltenden Verhältnisse zu kennzeichnen und um hervorzuheben, welche Umstände die Aufnahme begünstigen und welche nicht.

§ 48. Die Behauptung, dass die Sauerstoffaufnahme im schmiedbaren Eisen und Stahl dessen Kürze und Brüchigkeit, überhaupt den Charakter des „verbrannten" Eisens oder Stahls verschulde, ist in neuerer Zeit bezweifelt worden.

A. Ledebur hat sich, im Anschluss an Obiges, mit der Feststellung der Ursachen des verbrannten Stahls oder Eisens beschäftigt und im Freiberger Jahrbuch 1883, S. 19 das Resultat seiner Untersuchungen veröffentlicht. Zunächst stellt er den Charakter des „Brandeisens" fest, wie es nach längerer Exposition eiserner Construktionstheile oder Geräthe in hoher Temperatur und z. Th. bei Luftzutritt, bezw. bei Gegenwart sauerstoffreicher Feuergase sich bildet.

Volumenvergrösserung, Verziehen, Reissen etc. werden nach einander an solchen Dingen wahrgenommen und auch eine äusserliche Veränderung besonders der Farbe, die roth oder rothgrau wird, geht damit Hand in Hand.

Eine Ofenplatte von Gusseisen ergab bei der chemischen Untersuchung:

Graphit . .	0,960
Gebundener *C*	0,000
Fe	68,386
S	0,079
As	0,056
P	0,269
Cu, Ni . . .	0,125
O	27,804 (an *Fe, S, As, P, Cu, Ni* gebunden, eventuell auch noch an *Mn* zu $Mn_3\,O_4$)
MnO . . .	0,030
SiO^2 . . .	2,328

Bei der Bestimmung des Sauerstoffs durch Glühen im Wasserstoffstrom blieben Manganoxydul und Kieselsäure allein unreducirt.

Im Innern der Platte waren noch Spuren von metallischem Eisen als Kern vorhanden; die Hauptmasse des Eisens aber war oxydirt, d. h. verbrannt.

Die im vorigen § angeführten Untersuchungen von Hörde- und Thomas-Flusseisen ergaben eine um so grössere Aufnahme von Sauerstoff, als der Gehalt an sonstigen fremden Stoffen abnahm. Mechanische Proben mit dem sauerstoffreichsten Stück zeigten starken Rothbruch, aber vollkommene Schmiedbarkeit bei Weissgluth, ebenso leichte und bequeme Schweissung. Ein daraus geschmiedeter dünner Stab konnte, in Wasser abgelöscht, ganz ohne Kantenrisse im Schraubstock kalt gebogen werden.

Hiernach folgert Ledebur, dass ein Sauerstoffgehalt unmittelbar weder der Dehnbarkeit in der Kälte, noch der Schweissbarkeit schade, im Uebrigen aber ähnlich wirke wie der Schwefel.

Die Kaltbrüchigkeit dagegen, welche verbranntes Schweisseisen zeige, sei mehr eine Folge der ausserordentlich grobkörnigen Beschaffenheit desselben, als des Sauerstoffgehaltes, und diese Grobkörnigkeit selber lasse sich ebenfalls wohl nicht dem Sauerstoffgehalt zur Last legen, da alsdann das theilweise noch sauerstoffreichere Flusseisen ein gleiches Bruchaussehen besitzen müsse. Sie sei vielmehr eine Folge der langsameren, beziehentlich ruhigeren Abkühlung und lasse sich auch vielfach auf die Gegenwart des Phosphors zurückführen.

Verbranntes Eisen ohne erheblichen Phosphorgehalt lässt sich durch vorsichtiges Schmieden in seiner gewöhnlichen Geschmeidigkeit wieder herstellen, wogegen dies bei phosphorreichem Roheisen, welches um so weniger Ueberhitzungen verträgt, je mehr der Phosphorgehalt steigt, sehr viel schwerer bewirkt werden kann.

§ 49. Bezüglich des Verbrennens des Stahls, d. h. des kohlenstoffreicheren, durch Haltbarkeit ausgezeichneten schmiedbaren Eisens, hat Ledebur ebenfalls Untersuchungen angestellt, welche seine Ansichten von dem Einfluss oder Nichteinfluss des Sauerstoffgehalts auf die Texturveränderungen zu bestätigen scheinen.

Durch Erhitzen wird Stahl eben so grobkörnig als das Schmiedeeisen, aber die Veränderung geschieht schon eher, d. h. bei niedrigerer Temperatur. Doch kann man diese Texturveränderung durch vorsichtiges Schmieden oder durch Härten wieder aufheben. Beginnt bei der Ueberhitzung der Stahl Funken zu sprühen, so gilt er ganz allgemein als verbrannt und die Regeneration ist schwieriger.

Da nicht alle Stahlsorten sich in dieser Hinsicht gleich verhalten und da nach praktischen Wahrnehmungen Flussstahl leichter verbrennt als Schweissstahl, auch wenn der Kohlegehalt der gleiche ist, da die Regeneration des ersteren fast unmöglich ist, während die des letzteren noch halbwegs gelingt, so unternahm Ledebur eine desfallsige Untersuchung verschiedener Stahlproben, die ihm Director Reiser von Kapfenberg überlassen hatte.

Die angestellten Analysen lieferten nachstehende Ergebnisse:

A. Schweissstahl.							
Herdfrischstahl	gesund	0,807 *C*	0,023 *Si*	0,010 *P*	0,003 *S*	**0,058** *O*	0,101 *Mn*
„	verbrannt	0,726 „	0,026 „	0,024 „	0,007 „	**0,039** „	0,098 „
Puddelrohstahl	gesund	0,832 „	0,113 „	0,031 „	0,007 „	**0,060** „	0,187 „
„	verbrannt	0,868 „	0,081 „	0,023 „	0,004 „	**0,054** „	0,126 „
Gärbstahl	gesund	0,827 „	0,033 „	0,027 „	0,004 „	**0,037** „	0,010 „
„	verbrannt	0,723 „	0,033 „	Sp. „	0,005 „	**0,043** „	0,010 „
B. Flussstahl.							
Bessemerstahl	gesund	0,673 *C*	0,207 *Si*	0,066 *P*	0,010 *S*	**0,007** *O*	0,478 *Mn*
„	verbrannt	0,681 „	0,209 „	0,070 „	0,015 „	**0,024** „	0,473 „
Tiegelstahl	gesund	0,917 „	0,098 „	0,025 „	0,005 „	**0,045** „	0,125 „
„	verbrannt	0,916 „	0,093 „	0,025 „	0,008 „	**0,063** „	0,150 „

Ausserdem bestimmte Ledebur noch andere metallische Beimengungen, Kupfer, Kobalt und Nickel, summarisch, deren Gegenwart indessen die hier zu discutirende Frage nicht beeinflusst.

Ein Blick auf die Analysen lehrt, dass nur beim Herdfrischstahl und beim Gärbstahl eine einigermaassen fühlbare Abnahme des Kohlenstoffgehalts in Folge des „Verbrennens" eingetreten ist, dass man mithin den Charakter des Verbranntseins nicht in intimere Beziehung zu dieser Veränderung bringen kann. Dagegen hebt Ledebur in seinen Schlussfolgerungen den Einfluss der Silicium- und Manganverminderung hervor, welche aber auch nur in einzelnen Fällen constatirt ist, sodass diese Untersuchungen trotz ihrer Schätzbarkeit die Frage doch nicht ganz zu lösen im Stande sind.

Sicher ist jedenfalls, dass mit Abnahme des Mangangehalts, die Fähigkeit des Metalls abnimmt, Kohlenstoff zurückzuhalten und dass dadurch bei härteren Stahlsorten an sich schon eine erhebliche Qualitätsveränderung eintritt. Diese Veränderung wird aber wieder etwas beeinflusst durch das veränderte Verhältniss zu anderen Grundstoffen, die dann relativ zunehmen und in Folge dessen auch stärker wirken müssen.

Wenn auch nicht unmittelbar, so ist doch mittelbar eine Sauerstoffaufnahme Ursache an dem verbrannten Charakter, ob nun der Sauerstoff vom Metall selbst aufgenommen werde oder als Bestandtheil eines Oxyds zur Entkohlung und Entsilicirung etc. beiträgt.

§ 50. In einer ausführlichen Mittheilung (Stahl und Eisen 1885, S. 471) hat B. Platz verschiedene Beobachtungen, das verbrannte Eisen betreffend, veröffentlicht und durch Untersuchungen constatirt,

1. dass beim Glühen von Roheisen (weiss oder grau) in einer oxydirenden Atmosphäre *Si* und *P* nicht gleichzeitig mit Eisen und ihrem Mengeverhältniss zu demselben entsprechend verbrennen, sondern dass ihre Oxydation längst beendet ist,

wenn das Eisen erst theilweise als verbrannt nachgewiesen werden kann. Unter Umständen beträgt die Menge des verbrannten Eisens nur soviel als zur Bildung der Verbindungen von *FeO* (oder Fe_2O_3 nach B. Platz) mit SiO_2 oder P_2O_5 erforderlich ist. Die Frage, ob die Oxydation in einer bestimmten Reihenfolge und ob sie vor der des gebundenen Kohlenstoffs erfolgt, lässt Platz dahingestellt sein.

2. dass bei genügender Temperatursteigerung die entstandenen Eisensilikate und Phosphate aus dem Roheisen aussaigern.

Die sichtbaren Folgen dieser Vorgänge bestehen zunächst in einer durch die Sauerstoffaufnahme von *Si* und *P*, dann von Eisen veranlasste Volumenvergrösserung und einer dadurch hervorgerufenen Spannung zwischen den Massetheilchen des Eisen, dann aber in einer durch das Aussaigern bewirkten Lockerung des Gefüges (Platz braucht den Ausdruck: **moleculare Disgregation**), welche die Beweglichkeit der kleineren Theilchen bei eintretenden Temperaturschwankungen oder bei Vibrationen und Erschütterungen aufhebt.

Dann ist Platz der Ansicht, dass durch das Aussaigern vorgedachter Verbrennungsprodukte, die Verbrennungsgase selber einen erleichterten Zugang zum Innern des Metalls erhalten und dass sich hierdurch die Oxydation noch kräftiger fortpflanzt und das bisher intakt gebliebene Eisen stärker verändert.

Die praktischen Folgerungen Platz's sind wohl zu übergehen, da sie in der theoretischen Frage selbst kein neues Material beibringen, sondern nur das vorher durch Untersuchungen und Analysen festgestellte bestätigend, beweisen helfen.

Kohlehaltiges Eisen und Wasserstoff.

§ 51. Obwohl durch die Arbeiten von Graham, welcher Palladiumdraht in Wasserstoff glühte und dabei eine Volumenzunahme des Drahtes und die Aufnahme von Wasserstoff in dem Metalle constatirte, sowie durch weitere Untersuchungen von Troost und Hautefeuille die Aufnahme des Wasserstoffs durch einige Metalle erwiesen und bekannt geworden ist, so hat doch erst in letzter Zeit die Frage der Occlusion des Wasserstoffs im kohlehaltigen Eisen Wichtigkeit gewonnen, gelegentlich der mannigfachen Untersuchungen über die Natur der in den flüssig dargestellten Eisenfabrikaten auftretenden Blasen.

Sehr bald nach der allgemeineren Verbreitung des Bessemerprocesses hat man sich mit der Natur der Gase bekannt zu machen gesucht, welche diese Blasen erfüllen und ist dabei zu Theorien gelangt, welche sich hinterher nicht immer bewährt haben, wie aus der späteren Darstellung der Flusseisenprocesse hervorgehen dürfte.

Zunächst wurde wohl durch Troost und Hautefeuille die Gegenwart verschiedener Gase in mehreren Eisenfabrikaten dadurch nachgewiesen, dass Stäbe derselben im luftleeren Raume geglüht und die austretenden Gase bestimmt wurden.

Es waren dies verschiedene 500 gr schwere Eisencylinder, welche, bei 800⁰ C., 190 Stunden lang erhitzt, die nachstehende Gasvolumina entliessen:

	Spiegeleisen Hochmangansalz	Holzkohleneisen	Geschmiedeter Gussstahl	Weiches Schmiedeeisen (Schweisseisen)
Kohlensäure . .	0,0 ccm	0,6 ccm	0,05 ccm	2,2 ccm
Kohlenoxyd . . .	0,0 „	2,8 „	1,40 „	10,8 „
Wasserstoff . .	**27,0** „	**12,3** „	**0,50** „	**4,4** „
Stickstoff . . .	2,5 „	1,0 „	0,25 „	1,1 „
	29,5 ccm	16,7 ccm	2,20 ccm	18,5 ccm

Aus den Versuchen, welche in den Comptes rendus, T. 76, p. 482 und 565, sowie T. 80, p. 788 mitgetheilt worden sind, geht hervor, dass Wasserstoff sich in allen Eisensorten vorfindet, am wenigsten in dem überhaupt gasärmsten Gussstahl.

Der Kohlenoxydgehalt im Schweisseisen rührt vermuthlich von einer Reaktion der Schlackeneinschlüsse im Eisen auf den Kohlengehalt desselben her.

Um die Sache weiter zu verfolgen und um zu sehen, wie weit ein Glühen des Eisens in Gasströmen verschiedener Natur den Gasgehalt steigern kann, wurden drei der Versuchskörper 48 Stunden lang bei 800⁰ C. und unter 770 mm Gasdruck zuerst im Wasserstoffstrom, später im Vacuum geglüht und ergaben:

	Gussstahl	Holzkohlenroheisen	Weiches Schmiedeeisen
Kohlensäure . . .	0,0 ccm	0,0 ccm	0,0 ccm
Kohlenoxyd . . .	1,0 „	0,9 „	0,6 „
Wasserstoff . . .	**44,0** „	**6,4** „	**10,0** „
Stickstoff	1,5 „	0,5 „	3,3 „
	46,6 ccm	7,8 ccm	13,9 ccm

Eine starke Wasserstoffaufnahme zeigt sich besonders in den mehr von Schlacken freien Eisenarten, wie Roheisen und Gussstahl, wiewohl auch das Schweisseisen bis zu einem gewissen Grade absorptionsfähig erscheint, wenn es im Wasserstoffstrom selbst geglüht wird.

Unter gleichen Verhältnissen im Kohlenoxydstrom geglüht, wiesen die Eisensorten auf:

Kohlenoxyd	14,7 ccm	2,0 ccm	13,7 ccm
Wasserstoff	**1,5** „	**0,8** „	**0,2** „
Stickstoff	0,7 „	0,4 „	0,1 „
	16,9 ccm	3,2 ccm	14,0 ccm

Ganz vermag mithin auch die Behandlung im Kohlenoxydstrom den Wasserstoffgehalt nicht zu verdrängen und ist derselbe immer noch doppelt so gross (dem Volumen nach) als der Stickstoffgehalt.

§ 52. Ist im Vorstehenden das Vorhandensein und damit gewissermaassen die Löslichkeit des Wasserstoffs in erstarrtem Eisen nachgewiesen, so ist durch weitere Versuche ermittelt worden, dass ausserdem noch Gasmassen in dem Eisen selbst mechanisch vertheilt oder eingeschlossen sind, welche ebenfalls sehr reich an Wasserstoff sind.

Fr. C. G. Müller gelang es zuerst, durch Anbohren von Eisenblöcken hinlängliche Gasmengen zu gewinnen und herauszulösen, um damit Analysen von erforderlicher Genauigkeit unternehmen zu können. Die Resultate derselben sind in einer Arbeit mitgetheilt, welche in der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure erschienen ist (Bd. XXIII, S. 493).

Es enthielten:

	Gasmenge	Zusammensetzung		
A. Roheisensorten.		Wasserstoff	Stickstoff	Kohlenoxyd
1. Solvay I, ohne Blasen	3,5/00	52,1/00	44,0/00	3,9/00
2. Georgs Marienhütte I	10,0/00	62,2/00	35,5/00	2,8/00
3. Bochum (direkt vom Hochofen)	20,0/00	Versuch verunglückt, doch vorwiegend Wasserstoff		
4. Roheisen (vom Cupolofen), ohne Blasen	15,0/00	86,5/00	9,2/00	4,3/00
5. Dasselbe, ohne Blasen	35,0/00	83,3/00	14,2/00	2,5/00
6. Roheisen (von Converter, nach schnellem Auf- und Niederkippen)	28,0/00	81,1/00	14,8/00	4,1/00
B. Stahl- und Eisensorten.				
1. Bessemermetall vor Spiegelzusatz, sehr blasig	60,0/00	88,8/00	10,5/00	0,7/00
2. Bessemermetall direkt aus A. 3. geblasen, vor Spiegelzusatz	44,0/00	80,0/00	17,9/00	1,3/00
3. Bessemerflusseisen, ziemlich blasenfrei (Westfalen)	16,5/00	68,0/00	30,5/00	0,0/00
4. Bessemerschienenstahl	48,0/00	90,0/00	9,7/00	0,0/00
5. Bessemerschienenstahl aus Charge 1.	45,0/00	77,0/00	23,0/00	0,0/00
6. Bessemerschienenstahl aus Roheisen A. 6.	29,0/00	76,7/00	26,3/00	0,0/00
7. Schienenstahl von Trävali (durch direkte Unterbrechung erhalten)	51,0/00	78,1/00	20,7/00	0,9/00
8. Blasiger Schienenstahl, ausgeschmiedet	5,0/00	52,2/00	48,1/00	0,00/00
9. Sehr blasiger Schienenstahl, zu einem Quadratstab ausgeschmiedet	7,3/00	54,9/00	45,5/00	0,00/00
10. Bessemerfederstahl, beim Giessen schäumend, mit wenigen und kleinen Blasen	21,0/00	81,9/00	18,1/00	0,00/00
11. Martinmetall von Bochum, vor Zusatz des Spiegeleisens	25,0/00	67,0/00	30,8/00	2,2/00
12. Dichter Stahl von Bochum, nicht geschmiedet	17,0/00	92,4/00	5,9/00	1,4/00
13. Derselbe, geschmiedet	5,5/00	72,4/00	25,3/00	1,3/00

§ 53. Diese Versuche, welche allerdings zunächst nur im Hinblick auf eine anderweitige Erklärung des Blasenwerfens, als sie bis dahin gewöhnlich adoptirt worden war, ausgeführt worden sind und welche eine lebhafte Controverse veranlasst haben, beweisen aber auch die hohe Absorptionsfähigkeit der flüssigen Eisenfabrikate gegenüber dem Wasserstoff und dessen Vorherrschen in den Ausscheidungen, welche das Metallgefüge birgt.

Das Quantum der Gase ist abhängig von deren Behandlung, namentlich von dem Modus der Bearbeitung der Produkte. Das Roheisen enthält weniger als die Flusseisensorten in dem Blockzustand; tritt Schmieden oder Walzen hinzu, so fällt der Gasgehalt sofort bedeutend. Ob nun das so entgaste

Eisen beim Erhitzen im Vacuum weiter Gase abgibt, ist nicht unwahrscheinlich, indess fehlen noch alle Ermittelungen in dem Sinne.

Noch sind direkte gewichtsanalytische Versuche Ledebur's zu erwähnen, welche ergaben:

im Ferromangan mit 70 ‰ *Mn* 0,0028 ‰ *H*
im Siliciumeisen mit 11,29 ‰ *Si*, 2,08 ‰ *Mn*, 1,59 ‰ *C* . . . 0,0028 ‰ „
im Martineisen mit 0,10 ‰ *C*, 0,14 ‰ *Si* und ohne *Mn* . . . 0,0017 ‰ „
(Stahl und Eisen 1882, S. 591.)

Trotz der Unterschiede in dem Ausbringen, einerseits des Mangan- und des Siliciumeisens, andrerseits des viel reineren Martin-Eisens, wird durch den Ausfall dieser Proben das Faktum der Aufnahmefähigkeit des Wasserstoffs durch die Eisensorten bestätigt und erübrigt es nur noch, zu erforschen, in welcher Form die Bindung (die vorübergehende, wie auch die dauernde) stattfindet.

Hervorgehoben muss vorläufig werden, dass die Eisenfabrikate mit mehr Nebenbestandtheilen, mehr Wasserstoff zurückzuhalten scheinen als die reineren Eisensorten, wie z. B. das vorstehend auch genannte Martin-Eisen.

Kohlehaltiges Eisen und Kohlenoxyd.

§ 54. Für die Aufnahme des Kohlenoxyds durch das kohlehaltige Eisen sprechen verschiedene der vorher mitgetheilten Untersuchungsresultate, wiewohl das Kohlenoxyd mehr in den eingeschlossenen als in den als verbunden anzusehenden Gasen vorkommen dürfte.

Es ist jedenfalls schwer zu entscheiden, wie sich Kohlenoxyd und metallisches Eisen gegenseitig verbinden können, ohne Kohleeisen und Kohlensäure zu geben; wenn man an die Vorgänge im Hochofen denkt, an die Leichtigkeit, mit der das Reduktionsprodukt gekohlt wird, so wird man an irgend einer Umsetzung kaum zweifeln dürfen. Andrerseits produciren die Processe, welche hauptsächlich schmiedbares Eisen herstellen, durch die Grundreaktion aller Frischprocesse soviel Kohlenoxyd im Metallbad selbst, also in feinster, nach Jordan's Ausdruck intermolecularer Vertheilung, dass ein inniges Einschliessen auch in kleinere Massen, als es die nachherigen Feilspähne sind, nicht unmöglich ist, welches erst durch Erhitzen des fein zertheilten Eisens in dem Vacuum gesprengt werden kann.

Irgend eine Wirkung ist aber bei der Aufnahme (Verbindung oder intermolecularer Einschluss: mag ganz dahingestellt sein) des Kohlenoxyds noch niemals deutlich nachgewiesen worden und dürfte das Kohlenoxyd wohl ziemlich indifferent sein, sobald es nur in den Verhältnissen vorkommt, die bis jetzt bekannt geworden sind. Dass es früher in den Augen der Techniker des Converterprocesses eine wichtige Rolle spielte, ergibt sich aus den Betrachtungen des folgenden Absatzes; seine Wirkung, sobald es in den erstarrten Produkten noch nachgewiesen wird, dürfte, wie die der meisten anderen Gase eine mechanische sein, insofern die Textur und Dichtigkeit dadurch alterirt werden kann. Meistens wird sein Vorkommen die Folge einer Reaktion sein — wenigstens deuten daraufhin verschiedene Experimente, welche in den Schweisseisenporen ein relativ grösseres Quantum Kohlenoxyd nachgewiesen als in den Poren des Flusseisens, welches vorwiegend Wasserstoff aufgenommen hatte.

§ 55. Untersuchungen von Zyromski (mitgetheilt in den Comptes rendus de la Société de l'industrie minérale 1884, Juillet), welche durch Glühen von kleinen, aus den Gussblöcken ausgeschnittenen Versuchsstäben von ca. 25 gr Gewicht, in Porcellanrohr ausgeführt wurden, ergaben ganz interessante Resultate. Es wurden vier verschiedene Blöcke Martin-Flusseisen und vier Blöcke, bezw. Pakete oder Stäbe Schweisseisen untersucht.

Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Ursprung und Bezeichnung	Gewicht des Probestabs gr	Rauminhalt der Gase bei 15° u. 750 mm ccm	Analyse in ccm *H*	*CO*	*N*	Procentualer Ausdruck *H*	*CO*	*N*
1. Flusseisen vom Martin-Ofen, Block von 240 × 225 mm .	24,242	16,00 =	9,34 +	0,90 +	5,76	58,4	5,6	36,0
2. Desgleichen, Block von 200 × 195 mm .	23,650	18,55 =	11,30 +	1,10 +	6,15	60,9	5,9	33,2
3. Desgleichen, Block von 165 × 165 mm .	24,450	16,95 =	8,90 +	2,30 +	5,75	52,5	13,5	33,9
4. Desgleichen, Block von 70 × 70 mm . .	24,432	16,80 =	9,55 +	1,15 +	6,10	56,8	6,8	36,4
5. Gepuddeltes Feinkorneisen, wieder erhitzter Luppenstab	24,353	16,15 =	4,50 +	6,50 +	5,15	27,8	40,3	31,8
6. Desgleichen, nicht wieder erhitzter Knüppel	23,995	14,10 =	2,20 +	6,40 +	5,50	15,6	45,3	39,0
7. Wie 5	24,851	16,55 =	5,10 +	7,50 +	3,95	30,8	45,4	23,8
8. Wie 6	23,453	15,25 =	3,40 +	6,95 +	4,90	22,3	45,5	32,1

Im Mittel der Versuche ist die Gaszusammensetzung:

für das Flusseisen	57,30 *H*	7,90 *CO*	34,70 *N*
für das Schweisseisen	24,50 „	44,07 „	31,42 „

Wie aus diesen und anderen Untersuchungen hervorgeht, bergen die gepuddelten und geschweissten Eisensorten anscheinend eine grössere Menge Kohlenoxyd als die Flusseisensorten.

Es sind das eben Reaktionsgase der eingeschlossenen Oxyde, die mit dem Kohlenstoff des Eisens durch Glühen Kohlenoxyd zu bilden vermögen und dasselbe dann natürlich den sonst eingeschlossenen Gasen beimengen.

Eine wirklich bedeutsame Rolle spielt das Kohlenoxyd nur bei den Gasen, welche vor dem Festwerden austreten, und es wird im Folgenden das Erforderliche mitgetheilt werden.

Verhältniss der Gase zum kohlehaltigen Eisen überhaupt.

§ 56. Die § 52 erwähnten Untersuchungen Müller's sind veranlasst worden weniger durch Rücksichten auf ein einzelnes von den geschmolzenen Roheisen-, Stahl- und Schmiedeeisensorten etwa gelöstes oder eingeschlossenes Gas, als durch das Verlangen nach Aufklärung betreffs der Ursachen des Blasigwerdens des Flusseisens.

Vom Anfang des Converterbetriebes an machte man die Erfahrung, dass die Produkte desselben leicht blasig ausfielen und trotz einer späteren energischen Bearbeitung fehlerhafte Fabrikate gaben.

Je nach der Qualität der verwendeten Roheisensorten zeigte sich das Auftreten der Blasen in verschiedenem Grade und erforderte einen sehr verschiedenen Grad von Aufmerksamkeit in der Behandlung. Man fand sehr bald, dass einzelne Werke leichter in der Lage waren, ein anscheinend dichtes Produkt zu liefern als andere und suchte naturgemäss nach einer Erklärung für dieses verschiedene Resultat.

Die Ansicht, dass die Blasenräume in den Gussblöcken der Converterprocesse vorwiegend von Kohlenoxyd erfüllt seien, welches z. Th. aus einer Reaktion des auf dem Bade und auch in dem Metall fein vertheilt befindlichen Eisenoxyduloxyd auf den Kohlenstoff des rückkohlenden Zusatzes herrühre, z. Th. von der vorgängigen Converteroperation stamme, hatte viel Anhänger und war auch sehr plausibel, so lange der Bessemer-Converterprocess wesentlich nach einer von England herübergekommenen Schablone überall arbeitete. Auch Erfahrungen, welche man mit Hilfsmitteln machte, die wesentlich auf Grund der vorgetragenen Ansicht ausgesucht worden waren, schienen die Richtigkeit dieser Ansicht ausser Zweifel zu stellen.

Man glaubte im Mangan, dann im Silicium, dann in Beiden gleichzeitig das Mittel gefunden zu haben, die Bildung der Gasblasen für die Fabrikate unschädlich zu machen. Man stellte die Hypothese der Bildung eines dünn- und leichtflüssigen Mangansilikats auf, welches sich unter Eisenreduktion bilde und die Reste von Oxyden auflöse und aus dem Metall herauswüsche, die im anderen Falle jene Kohlenoxydbildung veranlasst haben würden.

Diese Hypothese, welche durch zahlreiche Versuche und Erfahrungen namhafter Eisenwerke unterstützt und begründet zu sein schien, hat sich neueren Erfahrungen gegenüber nicht mehr stichfest gezeigt und besonders musste man stutzig werden, als bei zahlreichen angestellten Untersuchungen verschiedener Converterprodukte kein bestimmtes Verhältniss zwischen der Ausscheidung von Gasblasen und dem Vorhandensein irgend eines der Grundstoffe mehr zu erkennen war.

Man fand u. A. mehr Silicium in blasigem Stahl, als in dichtem Stahl oder Flusseisen, obwohl man auf Grund anderer Erfahrungen sich lange Zeit der Ansicht zugeneigt hatte, dass die Anwesenheit von Silicium das beste Mittel gegen das Auftreten der Gasblasen sei.

Wiederholt ist gefunden worden, dass auch vor dem Zusatz der rückkohlenden, manganreichen Legirungen bereits ein „Steigen" des Converterprodukts vorkommen könne, d. h. ein Ausscheiden von Gasmassen, ohne dass also eine Manganreaktion entstehen könne. Durch diese und andere Widersprüche in den Belegen für die Erkennung der Gasausscheidungen ist die Kohlenoxydhypothese beträchtlich erschüttert gewesen und man musste in der Praxis andere Mittel aufsuchen, um die Erscheinung des „Blasenwerfens" und der „Gasausscheidung" technisch zu überwinden.

Das Hauptmittel blieb immer eine gut geleitete Abkühlung und später eine kräftige Verdichtung des Rohprodukts durch mechanische Mittel, während allerdings noch sehr viele Praktiker und die meisten Theoretiker die Möglichkeit als nicht ausgeschlossen erachteten, dem Uebel weiter durch „chemische" Mittel beizukommen.

§ 57. Der Erste, welcher die Meinungen durch eine ernsthafte Untersuchung aufzuklären suchte, war R. Müller, welcher nach wiederholter erfolgreicher Bearbeitung der Theorie und der Reaktionen der Converterprocesse auch an diese Frage herantrat und in der vorher citirten Arbeit (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure XXIII, S. 493) die Ergebnisse seiner Untersuchungen veröffentlichte.

Er wies zuerst auf den Erfahrungssatz der Löslichkeit gewisser Gase in gewissen Metallen hin, auf die genau erkannte Sauerstoffaufnahme im spratzenden Silber und auf die Aufnahme eines noch nicht klar und endgiltig erkannten Gasgemisches in geschmolzenem Kupfer und Nickel.

Dadurch, dass diese Metalle in flüssigem Zustand **mehr** Gas aufnehmen können als in festem Zustand, wird das mehr oder minder hastige Austreten eines Theils derselben im Verlauf des Erstarrungsprocesses veranlasst und es ergibt sich daraus die weitere Consequenz, dass bei dem Eintritt eines dickflüssigen Zustandes, die Blasen in der Metallmasse vertheilt stecken bleiben und das schwammige Aussehen solcher Produkte hervorrufen.

Doch nicht bloss in dieser groben Form macht sich die Gasausscheidung der Metalle bemerklich, auch eine andere ganz fein vertheilte Ausscheidung kann nach **Müller's** und anderen Ermittelungen nicht mehr geleugnet werden.

Durch die im Vorstehenden (§§ 51—55, S. 177—180) mitgetheilten Versuche ist hinlänglich dargethan, dass auch das Eisen in die Reihe der Gase absorbirenden Körper gehört und dass namentlich die durch Schmelz- und Erstarrungsprocesse gewonnenen Fabrikate, **weniger** die durch Schweissprocesse hergestellten oder stark bearbeiteten Produkte erhebliche, mindestens deutlich nachweisbare Mengen Gase zurückzuhalten vermögen.

Die Gase sind wesentlich Wasserstoff, Kohlenoxyd, Stickstoff, weniger Sauerstoff; in den Gasen der benutzten Feuerungsanlagen sind alle diese Gase zu finden, welche dadurch vollste Gelegenheit haben, vom Eisen aufgeschluckt zu werden.

Ueber den Zustand dieser Gasgemische im festen Eisen herrschen begreiflicherweise noch keine bestimmten Ansichten. Jedenfalls kann man nach dem Ausfall der bisherigen Untersuchungen zweierlei Zustände unterscheiden:

den Zustand der durch Anbohren auch der scheinbar dichteren Stellen freiwerdenden Gase, welche bis zu 60 Procent des Eisenvolums ausmachen können;

den Zustand der in den Bohrspähnen selbst noch vorhandenen, durch Glühen im Vacuum nachweisbaren Gase.

Man hat, um den Zustand des erst angeführten Antheils zu bezeichnen, an das Vorhandensein des bloss mechanischen Einschlusses gedacht und von Occlusion der Gase gesprochen, die andere Portion des summarischen Gehalts aber als wirklich an das Metall gebundenes Gas angesehen.

Diese Unterscheidung erscheint plausibel genug, um bis zu positiveren Ergebnissen das Gasvorkommen zu erklären und auf Mittel zu denken, die unangenehmen Folgen der Bearbeitung abzuwenden resp. zu verhindern.

Eine andere als eine bloss mechanische Wirkung der Gase ist ausgeschlossen und nur die geringe durch Glühen der Spähne erst freigemachte Portion des Gasgehalts könnte für einen chemischen Einfluss durch Alterirung der verschiedenen Eigenschaftsverhältnisse des Eisenfabrikats verantwortlich gemacht werden. Dass aber ein solcher Einfluss in keinem Fall **sehr erheblich** ist, beweisen viele der in Vorstehendem gegebenen Versuchsresultate, die durch Behandlung von z. Th. guten, sogar hochqualificirten Eisen- und Stahlsorten gewonnen sind.

Unangenehmer fallen die Wirkungen der anderen, der occludirten Gasportionen, sowie der Blasen selbst aus.

§ 58. Die Versuche Müller's sind auf Windsor Richards' Veranlassung durch Stead in Middlesbro' wiederholt worden, jedoch insofern in grösserem Maasse als der Bohrer breiter und der Versuchsblock ein Ton schwer war. Ob dieses Arrangement dem Versuch günstig war, kann man mit Müller bezweifeln, da jedenfalls in einem so dicken Blocke die Gase ebenso ungleich vertheilt sein konnten, wie die sonstigen Nebenbestandtheile, der Bohrer also mit geringerer Wahrscheinlichkeit einen der Wirklichkeit entsprechenden Gasdurchschnitt hergestellt haben dürfte. Trotzdem stimmten die Versuche in allen wesentlichen Punkten mit dem Ergebniss der Müller'schen Versuche überein und es blieb Windsor Richards, um angesichts der grossen Mengen Wasserstoffs die Kohlenoxydtheorie zu retten, nichts übrig als für die Herkunft des Wasserstoffgehalts eine andere Quelle aufzusuchen. Mit grosser Leichtfertigkeit wurde die Wasserzersetzung durch den unter Wasser arbeitenden Bohrer hervorgeholt, obwohl Müller bereits in seiner allerersten Notiz (Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft XII, S. 93) von einem Bohrversuch unter Oel spricht, den er anstellte, um so die Möglichkeit einer Wasserzersetzung zu eruiren. Da der Versuch ein ebenso wasserstoffreiches und kohlenoxydfreies Gas abgab, wie die übrigen Versuche und da auch einfache chemische Gründe die Annahme einer Wasserzersetzung verboten, so berührte Müller diesen Punkt überhaupt nicht mehr.

Wer im I. Band S. 280 und im II. Band S. 54 die Angaben nachsehen will, die sich auf Wasserzersetzung beziehen, wird ohne Ueberlegung erkennen, dass die Arbeit eines Bohrers kein Wasser zersetzen kann, wenn die Reibungswärme noch nicht einmal ausreicht, das Anlaufen des Bohrers zu veranlassen.

Um diese Arbeit nun zu vergrössern und um eventuell dennoch Wasser zersetzen zu können, wandte Stead auf Richards' Veranlassung einen stumpfen Bohrer an und ergab sich dabei die überraschende Entdeckung, dass mit einem solchen, das Blockmaterial natürlich weit feiner zerreibenden Instrument eine grössere Menge Gas aus demselben Metall freigemacht wurde als mit dem scharfen Bohrer.

Ein dichter Stahl hatte mit scharfem Bohrer 21/₀₀ mit stumpfem Bohrer 1100/₀₀ ergeben und die Zusammensetzung war:

	mit scharfem Bohrer	mit stumpfem Bohrer
Wasserstoff	67,1	88,7
Stickstoff	33,3	10,3
Kohlenoxyd	1,6	0,0

Ein graues Roheisen hatte mit scharfem Bohrer 75/₀₀ mit stumpfem Bohrer 600/₀₀ ergeben und die Zusammenstellung war:

	mit scharfem Bohrer	mit stumpfem Bohrer
Wasserstoff	52,5	54,5
Stickstoff	44,9	45,5
Kohlenoxyd	n. b.	n. b.

Nach diesen Versuchsergebnissen erscheint es, als ob der stumpfe Bohrer die mechanische Aufschliessung der gaserfüllten Räume weiter zu treiben im Stande wäre, als der scharfe Bohrer und als ob sich in diesen zuletzt austretenden Gasen der Wasserstoff um so mehr concentrire, je mehr das untersuchte Eisen dem Zustande reinen Eisens sich nähere.

Jedenfalls haben auch die Versuche mit dem stumpfen Bohrer gezeigt, dass in keiner Weise trotz der Gaszunahme an der dominirenden Existenz des Kohlenoxyds festzuhalten ist, sondern dass die nach dem Erstarren noch eingeschlossenen Gase wesentlich aus Wasserstoff und Stickstoff bestehen.

§ 59. Die Versuche mit dem stumpfen Bohrer sind ebenfalls in Frankreich durch Brustlein in Firminy wiederholt und erklärt worden.

Bei dieser Erklärung, sowie bei einer weiteren von Müller gegebenen (Bericht der deutschchemischen Gesellschaft XIV, S. 6) wird ein Unterschied gemacht zwischen ausgeschiedenen und intermolecularen Gasen, die angeblich nur an der Trennungs- oder Schnittfläche aufzutreten vermögen, so dass ihre Menge von der Dicke des Spahns abhängig ist und mithin grösser sein muss bei dem dünnen Spahn des stumpfen Bohrers als bei dem dicken Spahn des scharfen Bohrers.

Die Unterscheidung scheint anfechtbar, da Müller selbst sagt: Je feiner das Metall zertheilt wird, um so mehr Gas wird auftreten. Es gibt hiernach wohl gröbere und feinere Ausscheidungen, wo aber die Grenze zwischen Ausscheidung und Legirung liegen wird, wird sich wohl erst nach Feststellung der absoluten Moleculgrösse entscheiden lassen.

Für die Praxis ist es am Ende gleich, welche Voraussetzungen bezüglich des Zustandes der Gase im Eisen gemacht werden, wenn nur die Mittel und Wege zu finden sind, dem Metall eine gewisse zur technischen Verwendung nothwendige Dichtheit zu geben.

Müller hält (1882) die, durch die stumpfen Bohrer freigewordenen Gase für wirklich legirt. Allen's Versuche, welche die Bildung von Ammoniak beim Lösen in schwachen Säuren bewiesen haben, liessen wenigstens für den Stickstoff die Legirung, d. h. die Verbindung mit dem Eisen als ziemlich sicher erscheinen.

Versuche von Sergius Kern und Ledebur hatten auch für Sauerstoff die Legirung als wahrscheinlich erscheinen lassen. Rücksichtlich des Wasserstoffs war 1882 ein direktes Experiment noch nicht angestellt worden — sollte aber vorbereitet werden.

Nach dem Vorstehenden kann es gleichgiltig sein, wie viel Gas als gebunden, wie viel als intermolecular, wieviel als wirklich ausgeschieden beim Process selbst angenommen wird. Hauptsache ist immer und bleibt es, die Gasausscheidung unschädlich zu machen und in dieser Hinsicht ist wohl Verschiedenes zu vermeiden, Anderes aber zu befolgen, was bei der Darlegung der Flusseisenprocesse selber noch zur Sprache kommen wird.

Zur Vervollständigung der ganzen Versuchsreihe Müller's muss hier noch erwähnt werden, dass er (1882) bei seiner Kritik der gegnerischen Aeusserungen Pourcels u. A. noch zur Charakteristik der im flüssigen Converterprodukt während der Spiegelreaktion entweichenden Gase, zwei Analysen mittheilt, die ergaben:

CO	82,6	und	78,55
CO_2	0,00	„	0,86
N	14,30	„	16,38
H	2,8	„	2,52
O	0,00	„	1,32
	99,7	und	99,63

Stead analysirte 1880 das unter der Schlackendecke vom Bessemerprodukt ausgestossene Gas und fand:

$$H = 18{,}6;\ N = 31{,}4;\ CO_2 = 2{,}5;\ CO = 47{,}3,$$

also bedeutend mehr Wasserstoff als Müller, der dieses Plus gewiss selbst lieber gesehen hätte.

§ 60. Die langjährigen Erfahrungen, welche man in Terrenoire bei der Benutzung des Siliciummangans an Stelle des Ferromangans zur Herstellung dichter Stahlgüsse gemacht hatte, gaben dem Leiter dieses Betriebs, Pourcel, Veranlassung, die alte Kohlenoxydtheorie gegenüber den Müller'schen Versuchen und den daraus entwickelten Ansichten nochmals in Schutz zu nehmen und so gegen die Wasserstofftheorie vorzugehen.

Bei dieser französischen und bei verschiedenen daran sich anschliessenden englischen Polemiken hat ein gründliches Missverstehen einzelner von Müller vorgetragener Sätze, sowie ein völliges Ignoriren anderer Müller'scher Folgerungen den Streit stark in die Länge gezogen.

Pourcel behauptet, dass $0{,}3-0{,}4/_{00}$ *Si*, in der Form von Siliciumeisen oder Siliciummangan, dem Flusseisen beigesetzt, vollkommen die Gasausscheidung abschneide oder verhindere und dass das eben geschehe, weil das Silicium ein festes, nicht wie die Kohle ein gasförmiges Oxydationsprodukt bilde.

Weil nun Ferromanganzusätze unruhiges Flusseisen, Siliciummangan und Siliciumeisen ruhiges Flusseisen in Terrenoire gebildet, könne das die Blasen im ersten und in allen Fällen erfüllende Gas nur Kohlenoxyd sein und nicht Wasserstoff.

Die von Müller vorgebrachte thatsächliche Auffindung des Wasserstoffs in Gasen aus den verschiedensten Flusseisenmustern fertigt Pourcel mit einer Redensart ab, welche ohne alle technischen Gründe gegeben und darum schon nicht stichhaltig ist. Um das Kohlenoxyd als treibendes Gas zu retten, greift er, was Müller eigentlich gar nicht behauptet hat, die ausschliessliche Wirksamkeit des Wasserstoffs als Ursache der Gasausscheidung an und imputirt dem Angegriffenen als rein juristischen (in der Uebersetzung der Zeitschrift: Stahl und Eisen 1882, S. 496 heisst es „gesetzmässigen" —?!—) Schluss: Wasserstoff sei anwesend, folglich sei nur Wasserstoff die Ursache und spricht auch noch von einem missglückten Alibibeweise für das Kohlenoxyd.

Die wirklichen Erfahrungen Pourcel's in der Herstellung dichter Güsse liessen es bedauerlich erscheinen, dass nicht gleich versucht wurde, die beobachteten Vorgänge in Einklang mit den doch gewiss vertrauenswürdigen Resultaten Müller's zu bringen. Später ist dieser Fehler allerdings wieder gut gemacht worden; vor Allem hat eine ausführliche Erwiderung Müller's dazu beigetragen, den wirklichen Stand der Dinge zu erklären, während Andere das zum Theil ausdrücklich angekündigte Beweismaterial schuldig geblieben sind, z. B. Wedding.

Aus dieser Entgegnung (Stahl und Eisen 1882, S. 531) sind im vorigen Paragraph schon erhebliche Mittheilungen gemacht worden, von rein objektivem Charakter. Dieselben mögen vervollständigt werden durch eine höchst interessante Analyse der Gase aus den Durchweichungsgruben (Soaking-pits), welche von J. Gjers in den letzten Jahren vorgeschlagen wurden, um die Qualität der Ingots zu verbessern und eine bedeutende Wärmeersparniss herbeizuführen.

Diese Analyse, welche in der Wiener Sitzung vorgelesen wurde, nachdem auch Wedding sich zu Pourcel's Ansichten gewendet, ergab:

H	$= 82{,}5/_{00}$
CO	$= 12{,}5/_{00}$
N	$= 5{,}0/_{00}$
CO_2	$= 0{,}0/_{00}$

§ 61. Gegen Pourcel, der sich immermehr in seine Kohlenoxydtheorie verrannte, trat noch Brustlein von Unieux-Firminy mit einer zweiten Mittheilung auf, welche er der Société de l'industrie minérale im Frühjahr 1883 vorlas und aus welcher nachstehende Erfahrungen herauszunehmen sind.

Brustlein constatirt zunächst, dass selbst der Tiegelguss, bei welchem alle in den sonstigen Fabrikationsprocessen wirksamen Einflüsse so sehr ausgeschlossen sind, dass das Produkt der mittleren Zusammensetzung der darin verschmolzenen Materialien gewöhnlich entspricht, das Phänomen der Gasentwickelung zeige. Besonders sei dies der Fall, wenn ein nur geringer Kohlenstoff- und Mangangehalt constatirt werde. Aber, um jeden Gedanken an einen Luftzutritt, trotz Tiegelverschlusses und Schlackenbedeckung auszuschliessen, habe man auch in einer Hülle von Kohlenwasserstoffen geschmolzen und dabei noch schlechtere Resultate hinsichtlich der Blasenbildung erhalten.

Die Beobachtung des Gusses selbst und das Studium der Blasen ergaben den Beweis an sich, dass man es mit einem chemisch gebundenen oder aufgelösten Gas zu thun hatte.

Nach Kenntniss der Müller'schen Experimente, welche die vorgenannten ja vollauf bestätigten, kann man Brustlein's Ausdruck zu Folge, die Gegenwart des Wasserstoffs und Stickstoffs im intermolecularen Zustand und in den Blasenräumen des Stahls nicht mehr ernstlich bestreiten.

Brustlein führt noch eine Erfahrung an, welche sich bisher nur schwer erklären liess und durch die Annahme der Gegenwart des Wasserstoffs in dem Eisen und Stahl sich eher verstehen lässt.

Taucht man ein grosses Stück kaltes Metall rasch in geschmolzenes Eisen oder Stahl, oder bringt man es überhaupt in irgend welche plötzliche Berührung damit, so entsteht eine Art Explosion, bei der man wohl Knallgasbildung vermuthete, ohne aber die Herkunft des Knallgases in allen Fällen begründen zu können. Brustlein meint, dass sich durch Verbrennung des aus dem Metall austretenden Wasserstoffs eine Wasserdampfatmosphäre bilde, welche sich auf dem kalten Metall niederschlagen würde, dann aber durch die Hitze des rasch damit in Berührung gebrachten flüssigen Metalls momentan in Dampf verwandelt würde und die Explosion hervorrufe.

Erwärmt man in der That das vorher kalte feste Eisen bis über 100^0, so fällt die Gefahr der Explosion fort, denn Wasserdämpfe können sich dann nicht mehr darauf niederschlagen und mit in das flüssige Metall eingeführt werden.

§ 62. Bezüglich der als Hauptbeweis für die Kohlenoxydtheorie in das Feld geführten Wirkung des Siliciums stellt Brustlein zunächst die beiden Reaktionen:

Siliciumeisen + Kohlenoxyd = Kieselsäure + Kohleeisen

(welche von Caron angeblich beobachtet worden ist und über welche auch Wedding synthetische Versuche Finkener's angekündigt hat) und

Kieselsäure + Kohleeisen = Siliciumeisen + Kohlenoxyd

einander gegenüber und setzt voraus, dass die erstere unter einer bestimmten Temperaturgrenze, die zweite über einer anderen sehr hohen erfolge, und dass beide umgekehrte Reaktionen durch eine neutrale Periode getrennt seien.

Nach Betonung der Wichtigkeit einer richtigen Bestimmung der hierbei maassgebenden Temperaturen führt Brustlein noch eine von ihm selbst gemachte Erfahrung an, welche bis zu einem gewissen Grade zur Aufklärung der Temperaturfrage benutzt werden könnte.

Bei dem Betrieb der Cementiröfen ist festgestellt worden, dass schon bei der beginnenden Schmelzung eines $1{,}7/_{00}$ C enthaltenden Eisens eine Reduktion von Kieselsäure (woher? aus den Cementirkästen?) in Silicium stattfindet und dass bei Berührung mit Holzkohle dieses Silicium in den Stahl übergeht.

Hiernach wäre es nicht unwahrscheinlich, dass das Silicium unter 1200^0, d. h. der entsprechenden Temperatur, keinen Einfluss mehr auf die Kohlenoxydzerlegung habe, wogegen aber sich ein ganz anderer Einfluss des Siliciums auf vorhandenes Eisenoxyd in gleicher Temperaturhöhe geltend macht.

In höherer Temperatur müsste sich nach Vorstehendem wieder Siliciumeisen und Kohlenoxyd bilden, welche Reaktion doch unmöglich als eine, die Gasausscheidung hindernde angesehen werden kann, wenn man überhaupt die Richtigkeit der Müller'schen Versuche ganz ausser Acht lassen und nur Kohlenoxyd als Stahl- und Eisengas annehmen wollte. Dem Auftreten des Wasserstoffs gegenüber verlieren alle diese Speculationen den Boden, wenn auch hie und da noch Spuren von Kohlenoxyd gefunden worden sind.

Zur Orientirung in diesen schwierigen und wegen der ausserordentlich geringen Zahl der thatsächlichen Feststellungen leicht bestreitbaren Verhältnissen hat A. Ledebur (Stahl und Eisen 1883, S. 420) die die Gegenwart des Siliciums in den Flusseisen und Flussstahlprocessen begleitenden Umstände klar und deutlich einander gegenübergestellt und auch die von Wedding in der ganzen Frage eingenommene Stellung als im wissenschaftlichen Sinne nicht ganz correkt bezeichnet.

Man kann die am Schluss des Aufsatzes ausgesprochenen Ansichten nur unterschreiben, dass die Erfahrungen in der Beobachtung der auf Stahl- und Eisenbädern sich bildenden Flammenerscheinungen auf Wasserstoff schon längst hinwiesen und dass kein Grund vorliegt, einem Vorurtheil, einer vorgefassten Meinung zu Liebe, die Müller'schen hochwichtigen Versuche so zu behandeln, wie Pourcel, Richards und leider auch Wedding gethan haben.

Ebenso richtig ist die Aeusserung, die der Verfasser dieses mit vollem Namen unterschreibt, dass, wenn es im Flusseisenbetrieb möglich wäre, so lange zu warten, wie man im gewöhnlichen Eisengiessereibetrieb mit dem Giessen wartet, man wahrscheinlich die Gase ziemlich loswerden würde. Man kann auch das so günstige langsame Erstarren in eisernen Formen nicht gut fertig bringen, sonst würde auch dieser Vorgang fördernd auf den Austritt der Gase einwirken. (Stahl und Eisen 1883, S. 48.)

Ueber einen von Pourcel an Müller gerichteten offenen Brief, der mit viel esprit, aber sehr wenig positiven Gegenbeweisen ausgestattet ist, kann man in der ganzen, die Kreise der Eisen- und Stahlfabrikanten stark bewegt habenden Frage zur Tagesordnung übergehen.

Die Müller'sche Replik (Stahl und Eisen 1883, S. 79) fasst nochmals alles zusammen, was in Bezug auf die Siliciumreaktionen feststeht und berührt auch die zwei verschiedenen von Brustlein einander gegenüber gestellten Reaktionen.

§ 63. Anderweitiges Material zur Beurtheilung der Gasaufnahme durch geschmolzenes Flusseisen und Stahl brachten die von Dr. Müller 1883 und 1884 veröffentlichten „Neuen Experimental-Untersuchungen über den Gasgehalt von Eisen und Stahl" nicht, wohl aber eine Bestätigung und auch eine Vervollständigung früherer Erfahrungen und Folgerungen.

Zunächst gibt Müller eine genaue Darstellung der Sekretionsphänomene selbst, welche in zwei verschiedenen Formen auftreten:

das Phänomen des Spratzens und

das Phänomen des Steigens.

Das Erstere beruht auf einer Gasentbindung im flüssigen Metall, während es sich bis zum Erstarrungspunkte abkühlt und besteht in einem Wallen und Schäumen bei noch flüssiger, in einem vereinzelten Herausschleudern flüssigen Metalls bei bereits erstarrter Oberfläche.

Dieses Spratzen ist insofern für die Dichtheit des Metalls ungefährlich, als sich höchstens im Bereich des verlornen Kopfes Gasbläschen festsetzen und eine schwammig-löcherige Textur geben können. Gefährlicher sind nur die letzten Stadien der Erstarrung, wenn in der Seele des Blockes eine schmale Säule flüssigen Metalls noch zurückgeblieben ist, die nach und nach zuwächst. Geschieht dieses Wachsen regelrecht von unten nach oben, so resultirt ein dichter Block, wogegen, sobald sich die flüssige Säule oben durch Erstarrung schliesst, die noch erfolgenden Gasausscheidungen eine mehr oder minder bedeutende Höhlung in dem Innern des Blockes bilden.

Daraus ergäbe sich die Grundregel beim Vergiessen unruhigen Stahles, ein regelmässiges Anwachsen des Gussstückes von unten nach oben zu bewirken.

Das Steigen liefert als zurückbleibende Erscheinung im Innern des Bruches die Wurmröhren, welche radial oder besser gesagt, normal zur Abkühlungsfläche, der Coquillenwand, sich ordnen. Durch dieses Vorkommen wird eine durchaus andere Region der Blockmasse gefährdet als durch das Spratzen; das letztere gibt eventuell Fehler im Innern des Blocks, in einer rings um die Axe laufenden Zone, während die Wurmröhren unmittelbar unter der Oberfläche sitzen. Bei ihrem Auftreten drücken die Gase, welche die Wurmröhren erfüllen, den inneren noch flüssigen Theil des Blockes in die Höhe und bringen so das Steigen hervor, welches die Decke hebt oder durchbricht. Müller hat aus den Volumverhältnissen der von ihm bei den Bohrversuchen gewonnenen Gase einen Druck derselben von 4 Atmosphären herausgerechnet, welcher durch die Wirkung der Ausdehnung auf 20 Atmosphären im flüssigen Metall sich steigern muss.

Wird die Erstarrung unter bedeutendem Druck vollzogen, so scheiden sich gar keine Gase aus und das Metall wird sehr dicht (Whitworth'sches Verfahren). Verschliesst man die Blockformen, so gibt ruhig steigender Stahl stets Blöcke mit völlig dichtem Kern, wobei, wie Müller sich ausdrückt, viel Gas wahrscheinlich durch die dünne Aussenkruste ins Freie getrieben wird.

Silicium- und manganreicher Bessemerstahl, der in der Pfanne sowohl wie beim Giessen ganz ruhig sich verhielt, stieg in der Coquille nach zehn Secunden ganz langsam. Auch beim Martinstahl und beim Tiegelstahl, selbst beim Roheisen kamen ähnliche Erscheinungen vor.

Von Interesse ist noch die Wahrnehmung, dass beide Erscheinungen, das Steigen und das Spratzen bei einem und demselben Metall vorkommen können. So ist nach Müller der Thomasstahl unruhig und spratzt, hat daneben eine mässige Neigung zum Steigen; andere Beobachtungen haben bei Thomaseisen ein sich wiederholendes Wallen und folgendes Steigen gefunden.

Es werden jedenfalls in dieser Hinsicht eine ganze Reihe verschiedener Combinationen beider Phänomene, je nach Beschaffenheit und Behandlung des Rohmaterials vorkommen und ein ziemlich abweichendes Verhalten wird deshalb nach allen Seiten hin zu constatiren sein.

§ 64. Die Ansichten Müller's über den Mechanismus der Wurmröhrenbildung sind nicht ganz verständlich ausgedrückt, weil versäumt worden ist, auf den Verlauf der Erstarrung geschmolzenen Eisens in Schalen dabei hinzuweisen. Ausserdem muss die Unterstellung kritisirt werden, als wenn die Gase der Wurmröhren sich erst aus erstarrtem Metall abgeschieden hätten; Müller glaubt selbst nicht daran, da er von Gasexhalationen aus dem bereits erstarrten und im Uebergangszustand befindlichen Metall spricht.

Eins oder das Andere kann nur richtig sein, wenn man überhaupt auf einer scharfen Unterscheidung der Gasausscheidungserscheinungen, wie sie Müller durch Trennung von Spratzen und Steigen aufstellt, bestehen will.

Ein Stahl- oder Flusseisenblock zeigt stets eine mehr oder minder deutliche Rinde von normal zur Abkühlungsfläche gelagerten, strahligen, nadelförmigen Krystalloïden — Krystalle kann man kaum sagen. Diese Rinde bildet sich jedenfalls sehr schnell und durchläuft die Stadien der Abkühlung bis zum Erstarren in einigen Sekunden. Die hierbei austretenden Gase können nur nach dem Innern,

welches noch flüssig ist, zurückströmen; die von der Coquillenfläche aus anschiessenden krystallinischen Gebilde, durch flüssige „Mutterlauge“ von einander getrennt, drücken die Gasausscheidungen zu länglichen walzenförmigen Blasen zusammen, welche bei dem meist rundlichen, überflossenen Charakter der einzelnen prismatischen oder nadelförmigen Krystalle schliesslich zu wurmförmig gekrümmten Hohlräumen werden. Diese wurmförmigen Räume enden mit der strahlig nadlichen Rinde, wogegen die weiter nach innen stattfindenden Ausscheidungen ganz entschieden bei einem Aggregatzustand des Metalls geschehen müssen, der sie nicht festhält, sondern nach oben durch die ganze Masse hindurch entweichen lässt. Nur der oberste Theil des Blockes wird Blasen enthalten, weil er schliesslich auch einen bestimmten Zustand von Dickflüssigkeit erreicht, der den Einschluss von noch immer aus dem Innern steigenden Gasen verursacht.

Wenn man beim Ausgiessen des noch flüssigen Innern eines halberstarrten Blockes steigenden Stahls oder Flusseisens, glatte, aber durchlöcherte Innenflächen beobachtet hat, so ist hier zu bemerken, dass selbst bei dem Guss von Hartwalzen, deren Rinde aus verhältnissmässig sehr gut auskrystallisirten Lamellen von hochgekohltem Eisen besteht, überraschend glatte Innenflächen sich bilden, wenn durch irgend eine Veranlassung, gleich nach Füllen der Form, der noch flüssige Inhalt herausläuft.

Bei dem bei weitem stumpferen Krystallhabitus der Stahlblockrinden kann, auch wenn die Entleerung des noch flüssigen Theils eines vor wenig Secunden angefüllten Blockes eben nach der Bildung der radial strahligen Rinde erfolgen sollte, gar keine Rede von hervortretenden Krystallnadeln sein, an welchen aufsteigende Gasblasen **hängen bleiben** könnten, die ja in jedem Partikelchen der ganzen Masse dann austreten, wenn die Temperatur-Erniedrigung eine hinlängliche Verminderung der vorausgesetzten Löslichkeit hervorgebracht hat.

Durch die vorstehende z. Th. aus eigener Praxis entstandene Erklärung der wurmförmigen Blasenausscheidungen im Bereich der ersten Erstarrungsrinde des steigenden Blockes sollen die Grundanschauungen Müller's nicht im mindesten bestritten werden. Es soll dadurch nur ein Beitrag zur weiteren Erklärung gegeben werden, aus welcher vielleicht ein Mittel zur Vermeidung der wurmförmigen Blasen abgeleitet werden könnte (auf welches bei der Besprechung der Flusseisenprocesse selbst noch weiter eingegangen werden soll).

Wiederholt muss aber werden, dass die Gase der Wurmröhren wohl unzweifelhaft aus dem flüssigen Eisen vielleicht kurz vor der Erstarrung selbst austreten, während die Gase des Müller'schen Spratzens schon während der Dauer des flüssigen Zustandes entweichen. Der teigige Uebergangszustand beim Erstarren von Stahl und Eisen gewinnt ja an Dauer und Bedeutung mit der Abnahme des Gehalts fremder Bestandtheile.

§ 65. Die weiteren Untersuchungen Müller's richteten sich nunmehr auf die Vervollständigung früherer Ermittelungen, sowie auf die Erforschung der Zusammensetzung aller aus dem vollständig flüssigen Stahl und Eisen austretenden Gase.

Interessant sind die Untersuchungen des Gasgehalts in dem basischen Metall; Müller fand:

1. in weichem Thomasstahl mit $2{,}5/_{00}$ Zusatz an $35/_{00}$ Ferromangan hergestellt, unruhig, spratzend, mässig steigend mit viel Radialporen $36/_{00}$ Gas mit $\underbrace{0{,}6\ CO + 85{,}4\ H + 14{,}3\ N}_{100{,}1}$
2. in basischem Metall ohne jeden Zusatz. In der Pfanne und Coquille ruhig, wenig spratzend, langsam steigend, mit wenig Radialporen $20/_{00}$ Gas mit $\underbrace{0{,}0\ CO + 64{,}5\ H + 35{,}4\ N}_{99{,}9}$
3. Thomasstahl mit $5/_{00}$ Zusatz an $14/_{00}$ Silicit und $2{,}5/_{00}$ Zusatz an $70/_{00}$ Ferromangan. Stahl ruhig steigend, Block mässig porös . $22/_{00}$ Gas mit $\underbrace{0{,}4\ CO + 86{,}4\ H + 12{,}7\ N}_{95{,}5}$
4. Thomasstahl mit $5/_{00}$ Zusatz an $14/_{00}$ Silicit. Stahl ruhig steigend, Block wenig Poren . $6/_{00}$ Gas mit $\underbrace{0{,}0\ CO + 54{,}7\ H + 45{,}3\ N}_{100}$

Zu diesen Untersuchungsresultaten bemerkt Dr. Müller selbst, dass bei 3. und 4., trotz der hohen Silicium- und Manganzusätze in dem fertigen Produkt sich doch nur sehr wenig davon (Spuren von Silicium und $0{,}4/_{00}$ Mangan) vorfindet, dagegen $0{,}3/_{00}$ *P* reducirt worden sind.

Bei einem anderen Versuch mit Silicitzusatz, $5/_{00}$ in geschmolzenem Zustand, stieg der *P*gehalt von 0,106 auf $0{,}515/_{00}$ und der Stahl enthielt nur $0{,}011/_{00}$ *Si*.

§ 66. Die Untersuchungen der aus dem noch flüssigen Eisen austretenden Gase, der „Coquillengase“ Müller's vervollständigen das Material zur Kenntniss der Gasabsorptionen im Eisen. Es wurden diese Gase, wie Müller selbst sagt, in der Coquille während des Füllens oder kurz nach dem Füllen aufgefangen; ersteres geschah beim Guss von unten her, letzteres beim Guss von oben her und nach Vollschütten mit ausgeglühtem, reinen Quarzsand und Verschliessen durch eine reine mit Thon auflutirte Platte.

In beiden Fällen wurden die zur Gasaufnahme bestimmten Kugelröhrchen erst zugeschmolzen, wenn das Gas vollkommen und ohne Durchschlagen brannte. Es entsteht nun die Frage, ob die Gase der ersten Auffangung nicht Luft enthalten und ob wiederum die Gase der zweiten Auffangung nicht Bestandtheile der Einschlüsse des bereits im Erstarren begriffenen bezw. schon erstarrten Metalls enthalten haben.

Für die Schlussdeduktion ist es allerdings irrelevant, ob man gewissermaassen scharf fraktionirt oder nicht, wenn nur der Vergleich der Gase der Coquillen und der Gase aus den Bohroperationen des erstarrten Metalls einen deutlichen Unterschied in den präponderirenden Bestandtheilen der aufgefangenen Gemische erkennen liessen.

Das ist thatsächlich der Fall und dieser Vergleich gestattet eben, die sämmtlichen im flüssigen Eisen auftretenden Gemische zu unterscheiden und wesentlich zwei Gruppen daraus zu bilden:

absorbirte und legirte Gase.

Die Untersuchungsresultate Müller's (Stahl und Eisen 1883, S. 448 u. ff.) sind im Folgenden zu einer übersichtlichen Tabelle vereinigt.

Bezeichnung des Materials und Charaktere	Zusammensetzung des Materials					Gasanalyse					Bemerkungen
	Ca	*Cβ*	*Si*	*P*	*Mn*	*CO*	*H*	*N*	CO^2	*O*	*Ca* ist chemisch gebundener, *Cβ* graphitischer Kohlenstoff.
A. Roheisen.											
1. Graues Bessemerroheisen; reichl. Gasentwickelung; Block dicht, feinkörnig, grau mit 1 mm starker weisser Kruste . . .	0,584	3,104	1,68	—	1,93	36,1	55,8	3,6	3,7	0,8	Die ziemliche Uebereinstimmung ist wohl dem Umstande zuzuschreiben, dass alle Eisensorten in einer gleichen Ofenatmosphäre geschmolzen sind.
Nach Umrechnung des *O* auf Luft, Abzug des entsprechenden *N* und nochmaliger Rechnung auf 100	—	—	—	—	—	37,3	58,3	0,5	3,9	—	
2. Spiegeleisen; reichl. Gasentwickelung; Block dicht, blättrig krystallinisch	4,18	—	0,253	—	7,37	48,1	48,9	2,0	1,2	0,4	
Correktion wie oben . . .	—	—	—	—	—	48,7	49,5	0,5	1,5	—	
3. Thomaseisen; geringere Gasentwickelung als bei 1. u. 2.; Block blasenfrei, strahlig . .	3,099	—	0,203	3,025	0,736	37,1	43,7	14,2	3,3	1,2	
Correktion wie oben . . .	—	—	—	—	—	39,6	46,8	10,0	3,8	—	
B. Bessemerprodukte.											
4. Schienenstahl; dicht, aus heisseingeschmolzenem Satz mit mässigem *Si*- und *Mn*gehalt erblasen	0,23 – 0,28	—	0,15 – 0,26	0,06 – 0,08	0,5 – 0,06	35,5	45,3	11,3	7,0	1,0	
Correktion	—	—	—	—	—	37,3	47,3	7,9	7,5	—	
5. Federstahl; dicht (von oben gegossen).						24,1	35,1	29,3	5,9	5,6	
Correktion						34,0	49,5	8,6	7,9	—	
6. Derselbe (von unten gegossen) . Correktion fehlt	0,48 – 0,53	—	0,15 – 0,25	0,06 – 0,08	0,8 – 0,9	41,7	19,1	37,9	0,4	0,7	
7. Derselbe (ohne weitere Angabe)						—	—	—	—	—	
Correktion						45,9	41,4	9,9	2,8	—	
8. Schienenstahl; dicht, erste Coquille (corrigirt)	vermuthlich wie 4.					38,7	51,3	7,2	2,8	—	
Nach 17 Min. letzte Coquille (corrigirt)	—	—	—	—	—	43,4	46,9	6,6	3,1	—	

	Bezeichnung des Materials und Charaktere	Zusammensetzung des Materials *Ca*	*Cβ*	*Si*	*P*	*Mn*	Gasanalyse *CO*	*H*	*N*	CO^2	*O*	Bemerkungen
9.	Federstahl; dicht, erste Coquille (corrigirt)	vermuthlich wie 5.—7.					48,2	44,5	2,5	4,8	—	
	Nach 21 Min. letzte Coquille (corrigirt)	—	—	—	—	—	42,5	36,5	17,1	3,7	—	
10.	Schienenstahl; steigend . .	Zusammensetzung nicht angegeben					33,0	47,4	10,0	7,6	2,0	Die mittlere Gaszusammensetzung ist von der der Rohreisengase wenig abweichend.
	Correktion						38,4	51,0	2,2	8,4	—	
11.	Derselbe; stärker steigend . .						30,2	37,5	23,8	7,4	0,8	
	Correktion						31,5	39,2	21,6	7,7	—	
12.	Derselbe; sehr stark steigend und sehr unruhig						68,6	19,8	9,0	2,0	0,8	
	Correktion						70,7	20,7	6,5	2,1	—	
13.	Bessemermetall; vollkommen entkohlt und rothbrüchig, vor dem Spiegelzusatz. Steigen und lebhafte Gasentwicklung, Wurmröhrenzone und einzelne Blasen in der Mitte; erste Gasprobe .	Zusammensetzung nicht angegeben					15,6	45,4	33,7	1,8	3,2	Starkes Zurücktreten des *CO* u. Vermehrung des *N*.
	Correktion						18,6	54,2	24,9	2,3	—	
14.	Dasselbe; zweite Gasprobe . .						17,5	61,1	29,1	2,2	0,8	
	Correktion						18,1	52,9	26,8	2,2	—	
15.	Martinmetall; vollkommen entkohlt, als Vergleich; erste Gasprobe	Zusammensetzung nicht angegeben					36,5	26,7	30,5	1,3	4,7	Gegen entkohltes Bessemermetall ist mehr *CO* und weniger *N* u. *H*, was durch die das Bad abschliessende Schlackendecke erklärt wird.
	Correktion						48,0	35,1	15,4	1,5	—	
16.	Dasselbe; zweite Gasprobe . .						39,0	36,9	17,8	2,9	3,0	
	Correktion						46,0	43,6	6,9	3,4	—	
	C. Thomasprodukte.											
17. bis 22.	Thomasmetall; weich mit 2/00 Ferromangan von 95/00 hergestellt, ohne starke Spiegelreaktion, dgl. Ferromanganreaktion, heftige Gasentwickelung in der Pfanne und den Formen; Giessen von unten	0,05 — 0,10	—	Sp.	0,05 — 0,1	0,45 — 0,55	—	—	—	—	—	
	Durchschnitt der corrigirten Analysen	—	—	—	—	—	65,0	5,0	30,0	—	—	
23.	Schienenstahl mit Zusatz von 8/00 geschmolzenem Spiegeleisen hergestellt; starke Spiegelreaktion	0,25	—	Sp.	0,05 — 0,1	0,45 — 0,55	67,2	15,8	12,0	4,7	0,3	
	Correktion	—	—	—	—	—	68,0	16,2	11,0	4,8	—	
24.	Derselbe mit Zusatz von 10/00 Spiegeleisen, starke Spiegelflamme, unruhiges Produkt, rasches Steigen, Gas von oben vom vierten Block; Analyse corrigirt	Zusammensetzung fehlt					56,5	33,0	8,6	1,9	—	
25.	Derselbe Versuch; Gas von oben vom letzten Block (nach 9 Min.); Analyse corrigirt	Zusammensetzung fehlt					62,0	34,2	1,0	2,8	—	
26.	Flusseisen; Gas von unten, Proberöhrchen entfernt, sobald die Coquille voll war. . . .	—	—	—	—	—	77,9	5,7	14,7	1,7	—	Abnahme des *CO*, Zunahme von *H*+*N* deutlich constatirt.
	Gas von oben mittelst Sanddecke, erst beim Steifwerden des Stahls gefüllt aus derselben Coquille	—	—	—	—	—	62,6	12,6	23,2	1,6	—	

Bezeichnung des Materials und Charaktere	Zusammensetzung des Materials					Gasanalyse					Bemerkungen
	Ca	*Cβ*	*Si*	*P*	*Mn*	*CO*	*H*	*N*	CO^2	*O*	
27. Schienenstahl; ebenso behandelt. Erste Gasportion . .	—	—	—	—	—	81,7	8,2	9,5	0,6	—	Abnahme des *CO* noch stärker.
Zweite Gasportion	—	—	—	—	—	54,1	38,6	3,5	3,8	—	
28. Flusseisen; wenig gashaltig, vollständig entkohlt und vor dem Zusatz von Desoxydationsmitteln	—	—	—	—	—	8,0	71,7	18,0	2,0	0,0	
Corrigirte Analyse	—	—	—	—	—	8,8	71,9	18,1	2,0	—	
29. Flusseisen; gasreicher, vollständig entkohlt. Erste Gasprobe	—	—	—	—	—	19,3	30,7	41,7	2,1	5,8	Analoges Verhalten wie bei dem saueren Metall.
Corrigirt	—	—	—	—	—	27,3	43,5	26,2	3,0	—	
Zweite Gasprobe	—	—	—	—	—	29,2	32,0	32,0	3,4	3,3	
Corrigirt	—	—	—	—	—	35,0	38,4	22,5	4,1	—	
30. Flusseisen; mit $5/_{00}$ Silicit von $14/_{00}$ und $2,5/_{00}$ Ferromangan von $70/_{00}$ dargestellt; Stahl ruhig steigend, mässig porös (s. vorige §§ No. 3). Gasprobe aus kleiner Coquille zu Anfang des Giessens . . .	—	—	—	—	—	58,3	17,0	19,9	1,9	1,8	
Correktion	—	—	—	—	—	64,6	18,9	14,4	2,1	—	
Gasprobe aus grösserer Coquille zu Ende des Giessens	—	—	—	—	—	36,2	34,1	22,7	3,0	3,5	
Correktion	—	—	—	—	—	44,1	41,6	10,6	3,7	3,7	
31. Flusseisen mit $5/_{00}$ desselben Silicits und $2/_{00}$ desselben Ferromangans, rothwarm in der Pfanne zugesetzt, keine Reaktion, Stahl ruhig, später Steigen und Bildung einer Porenzone. Vor Zusatz	0,002	—	0,002	0,078	0,083	—	—	—	—	—	
Nach Zusatz	0,115	—	0,162	0,097	0,944	—	—	—	—	—	
(rechnungsmässig	0,14	—	0,53	—	1,25)	—	—	—	—	—	
Gas aus einer Coquille . . .	—	—	—	—	—	34,7	58,0	4,1	3,2	—	Bemerkenswerth ist der geringe *N*gehalt.
Gas aus einer anderen Coquille	—	—	—	—	—	30,8	65,8	1,9	1,5	—	

Aus diesen Thatsachen und den früheren eigenen und fremden Versuchen gelangt Müller zu einer Anschauung, der hier folgende Fassung gegeben ist:

Im flüssigen Stahl und Flusseisen ist ein aus Kohlenoxyd, Wasserstoff, Stickstoff, Kohlensäure und geringen Mengen freien Sauerstoffs bestehendes, in seiner Zusammensetzung jedenfalls wechselndes Gasgemisch gelöst und theilweise gebunden, legirt.

Beim fortschreitenden Abkühlen entweicht ein Gemisch aus denselben Gasen, in welchem neben Wasserstoff und Stickstoff hauptsächlich Kohlenoxyd sich bemerklich macht, obwohl dasselbe nach Natur und Behandlung des Eisens in bestimmten Grenzen schwankt.

Im erstarrten Metall bleibt ein Gasgemisch eingeschlossen, welches durch Anbohren entweicht und in welchem hauptsächlich Wasserstoff und Stickstoff sich vorfinden, während Kohlenoxyd stark zurücktritt.

Im zerkleinerten Metall können durch Glühen im Vacuum noch minimale, als gebunden anzusehende Reste der elementaren Gase entfernt und bestimmt werden.

§ 67. Im zweiten Artikel der „Neuen Experimentaluntersuchungen über den Gasgehalt von Eisen und Stahl" (Stahl und Eisen 1884, S. 69) hat Dr. Müller hauptsächlich den Einfluss der Zusätze untersucht, welche behufs Desoxydation dem Produkt der Converterprocesse zugefügt zu werden pflegen.

Um alle Nebenwirkungen von der Schlacke her, aus den Wänden der Apparate etc. auszuschliessen, ist von Wasum in Bochum der Versuch gemacht worden, die Desoxydation in der Coquille selbst vorzunehmen und genau zu bestimmen, wie sich die einzelnen desoxydirenden Bestandtheile zu der ganzen Reaktion stellen, d. h. wie viel von jedem verbraucht wurde.

Die Gasuntersuchungen, welche im Anschluss an die angestellten Versuche ausgeführt wurden, ergaben natürlich analoge Verhältnisse, wie bei den früheren Untersuchungen, doch war die Gasmenge, deren Berechnung versucht worden ist, eine sehr verschiedene je nach der Art der Zusätze.

Eine gut entphosphorte basische Charge wurde in die Pfanne und aus dieser, wie ein fertiges Produkt in die Coquillen gegossen. Die Zusätze waren in einem Tiegelofen flüssig gemacht und wurden gleichzeitig mit dem Eisen der Charge in die besonders aufgestellte Versuchscoquille gegossen; dann wurde umgerührt und zur Gasentnahme geschritten. Ein Rest, im Tiegel zurück gelassen, sowie Bohrproben vom Kopf und Fuss des Ingots, wurden mit grösster Sorgfalt analysirt und danach ermittelt, wie viel von den einzelnen Nebenbestandtheilen zur Desoxydation des Bades verbraucht worden waren. Eine weitere Berechnung ergab die gebundene Sauerstoffmenge, eine zweite die Kohlenoxyd-Soll-Produktion.

Erster Versuch. Zu einem Block von 232 Kilo waren 14,75 Kilo Spiegeleisen zugesetzt worden.

Es enthielten:	an *C*	*Si*	*Mn*	
das Spiegeleisen	4,225	0,411	8,118	
der Block unten	0,228	0,020	0,658	
„ „ oben	0,257	0,014	0,661	
„ „ im Mittel	0,242	0,017	0,659	
vor dem Zusatz	0,029	0,016	0,160	(corrigirt)
im Zusatz sind	0,268	0,026	0,516	
mithin Soll-Gehalt	0,297	0,042	0,676	
davon ab Ist-Gehalt	0,242	0,017	0,659	
Rest als verbraucht	0,055	0,025	0,007	
Die zugehörigen Sauerstoffmengen betragen folglich	0,071	0,028	0,003	

und es berechnet sich die *CO*menge auf das 8fache Metallvolum (bei 0^0).

Das nach sieben Minuten von oben aufgefangene Gas hatte

CO	54,3	corrigirt	58,3
H	28,3	„	30,9
N	12,6	„	6,8
CO_2	3,7	„	4,0
O	—	„	—
	100,5	corrigirt	100,0

Es ist das mithin ein Reaktionsgas, welches aber noch grössere Mengen von Wasserstoff und von Stickstoff mit sich gerissen und evacuirt hat.

Zweiter Versuch. Zu einem Block von 272 Kilo Flusseisen, der mit $2/_{00}$ Ferromangan im Converter hergestellt war und keinen Rothbruch zeigte, wurden 11,83 Kilo Spiegeleisen zugesetzt.

Es enthielten:	an *C*	*Si*	*Mn*	
das Spiegeleisen	4,262	0,351	7,944	
der Block unten	0,193	0,018	0,643	
„ „ mitten	0,215	0,021	0,712	
„ „ oben	0,209	0,015	0,647	
also im Durchschnitt	0,205	0,018	0,667	
der Stahl vor dem Zusatz . . .	0,039	0,014	0,311	(corrigirt)
im Zusatz sind	0,185	0,015	0,345	
mithin Soll-Gehalt	0,224	0,029	0,656	
davon ab Ist-Gehalt	0,205	0,018	0,667	
Rest als verbraucht	0,019	0,011	mehr 0,011	
Die zugehörigen Sauerstoffmengen betragen folglich	0,025	0,012	—	

und es berechnet sich die *CO*menge auf nur das 2,6fache Metallvolum (bei 0^0).

Das nach sieben resp. zwölf Minuten aufgefangene Gas zeigt:

	in der ersten Probe		in der zweiten Probe	
CO	54,2	corrigirt 56,4	40,5	corrigirt 42,1
H	28,4	„ 29,6	39,2	„ 42,8
N	13,4	„ 10,6	15,6	„ 11,1
OC_2	3,3	„ 3,4	3,8	„ 4,0
O	0,8	„ —	1,3	„ —
	100,1	corrigirt 100,0	100,4	corrigirt 100,0

Die zweite Probe zeigt gegen die erste eine bereits früher constatirte Abnahme von Kohlenoxyd, eine (relative) Zunahme an Wasserstoff und Stickstoff (cf. die grosse Tabelle in § 66, S. 188).

Interessant wird aber die ganze Untersuchung dadurch, dass sie beweist, wie selbst ein fertiges Produkt, mit rückkohlenden Zusätzen erblasen und keinen Rothbruch zeigend, noch Sauerstoff genug enthält, um bei Spiegelzusatz Gas zu produciren.

Dritter Versuch. Zu 250 Kilo basischem Schienenstahl von $0,25/_{00}$ *C*gehalt wurden 15 Kilo geschmolzenes Spiegeleisen zugesetzt. Der in der Coquille unruhige und unter Spratzen viel Gas entwickelnde Stahl wurde nach dem Spiegelzusatz sofort ruhiger und die Gasentwickelung hörte bald ganz auf.

Eine aufgefangene Gasprobe ergab:

CO	52,0	corrigirt 55,2
H	35,8	„ 37,9
N	8,7	„ 3,2
CO_2	3,6	„ 3,7
O	1,4	„ —
	101,5	corrigirt 100,0

Also auch hier war das ausgestossene wenige Gas dennoch wesentlich ein Reaktionsgas unter Mitreissen von *H* und (sehr wenig) *N*.

§ 68. Auch Versuche mit Eisensilicit haben Wasum und Müller angestellt und ergaben dieselben ebenfalls interessante Resultate.

Ein basisches Flusseisen, ohne Zusatz und überblasen, zeigt beim Zusatz von im Tiegel geschmolzenem Silicit, ein plötzliches Aufhören der sichtbaren Gasentwickelung, sobald das Metall etwa $0,3/_{00}$ *Si* enthielt.

Das ganz ruhig gewordene Metall spratzt nicht, steigt aber beim Erstarren ein wenig und enthält eine mässige Anzahl sporadischer Blasen, zeigt noch schwachen Rothbruch (bei dessen Begründung der Schwefel wohl ausgeschlossen ist, der im Bochumer Flusseisen nur $0,07/_{00}$ beträgt).

Ein dichter Block wurde bei keinem der Versuche auch nur annähernd erzielt.

Erster Versuch. Einem Block von 270 Kilo wurden 9,74 Kilo Silicit zugesetzt.

Es enthielten:	an *C*	*Si*	*Mn*	
der Silicit	1,641	9,864	2,049	
der Block unten	0,063	0,246	0,185	
„ „ oben	0,061	0,230	0,188	
„ „ im Mittel	0,062	0,238	0,186	
vor dem Zusatz	0,033	0,003	0,144	(corrigirt)
Zusatz	0,059	0,355	0,073	
mithin Soll-Gehalt	0,092	0,358	0,217	
davon ab Ist-Gehalt	0,062	0,238	0,186	
Rest als verbraucht	0,030	0,120	0,031	
Die zugehörigen Sauerstoffmengen betragen folglich	0,040	0,137	0,012	

Trotz der wohl hinlänglichen Menge an Kohlenoxyd, dessen Volum Müller in diesem Fall nicht berechnet hat, welches aber wohl das 4fache des Metallvolums (bei 0^0) betragen dürfte, konnte man in sieben Minuten nur **ein** Röhrchen füllen.

Das Gas enthielt:

CO	31,6	corrigirt	32,6
H	52,3	„	54,0
N	10,5	„	7,5
CO_2	5,7	„	5,9
O	0,8	„	—
	100,9	corrigirt	100,0

Hiernach scheint es, als wenn der Silicitzusatz bei überblasenem basischen Flusseisen das Entweichen des Gases im Allgemeinen hinderte, in dieser Hinsicht aber besonders stark auf das Kohlenoxyd einwirkte, welches in dem Resultat der Gasuntersuchung gegen den Wasserstoff sehr zurücktritt. Auch am Stickstoffgehalt macht sich ein beträchtlicher Abschlag im Auftreten geltend.

Zweiter Versuch. Zu einem Block von 286 Kilo basischen Flusseisens, das mit $2/_{00}$ Ferromanganzusatz erblasen war und das in gewöhnlicher Weise stark spratzte, aber nur schwach stieg und Blöcke mit wenigen zerstreuten Poren lieferte, wurden 9,65 Kilo Silicit gesetzt und es hörte dann jede Bewegung und sichtbare Gasentwickelung auf.

Der Block hatte eine Zone von spärlichen Wurmröhren am Rande.

Es enthielten:

	an C	Si	Mn
der Silicit	1,627	10,05	2,057
der Block unten	0,129	0,297	0,597
„ „ oben	0,125	0,331	0,574
im Mittel	0,127	0,341	0,585
Vor dem Zusatz enthielt das Flusseisen	0,075(corr.)	0,007	0,480 (corrigirt)
im Zusatzquantum war	0,054	0,339	0,069
mithin Soll-Gehalt	0,129	0,346	0,549
davon ab Ist-Gehalt	0,127	0,314	0,585
Rest als verbraucht	0,002	0,032	mehr 0,036
Die zugehörigen Sauerstoffmengen betragen folglich	0,003	0,036	—

Das in zwei Röhrchen gesammelte Gas enthielt:

				und		
CO	32,8	corrigirt	36,6	und 28,6	corrigirt	36,6
H	44,4	„	48,9	„ 34,4	„	44,5
N	15,3	„	7,8	„ 26,6	„	11,0
CO_2	6,0	„	6,7	„ 6,2	„	7,9
O	2,1	„	—	„ 4,5	„	—
	100,6	corrigirt	100,0	100,3	corrigirt	100,0

Auch hierbei ist, wenn auch nicht in dem Maass, wie bei den vorherigen Experimenten, ein Zurücktreten des Kohlenoxyds gegen den Wasserstoff zu bemerken; man muss mithin, auch wenn bereits rückgekohltes oder desoxydirtes Material mit kieselreichen Zusätzen behandelt wird, an eine Verhinderung der Gasausscheidung, an eine Begünstigung der Löslichkeit der Gase im Metallbad glauben. Die Mengen der entfernten Stoffe sind allerdings sehr gering und Müller gibt selbst zu, dass sie in die Grenzen der Versuchsfehler fallen könnten. Das darf aber nicht abhalten, den Ergebnissen an sich einen hohen theoretischen Werth und vielleicht einen noch höheren praktischen Werth beizulegen; jedenfalls, so lange nicht von anderer Seite Gegenbeweise geliefert werden, z. B. die in „Stahl und Eisen“ 1883, S. 200 verheissenen, noch immer unsichtbar gebliebenen, mit neuen möglichst vollkommenen Apparaten anzustellenden Versuche.

§ 69. Weit kräftiger noch scheint der Mangansilicit auf die Gasentbindung zu wirken; ein Zusatz desselben zu oxydischem d. h. überblasenen Thomasmetall gibt nach vielfältiger Erfahrung sofort eine absolute Ruhe des Metalls.

Dabei ist der Block porenfrei, und auch die Entbindung aus dem erstarrten Block ist unterdrückt, so dass es nicht möglich war, ein Röhrchen zu füllen.

Ein Versuch mit einem Zusatz von 14,85 Kilo zu einem Block von 285 Kilo ergab nachstehende Resultate.

Es enthielten:	an C	Si	Mn	
der Mangansilicit	3,127	6,105	28,55	
der Block unten	0,191	0,346	1,660	
„ „ mitten	0,166	0,346	1,558	
„ „ oben	0,169	0,346	1,596	
im Mittel	0,175	0,346	1,604	
Vor dem Zusatz enthielt das Thomasmetall	0,033	0,021	0,181	(corrigirt)
der Zusatz selbst	0,162	0,318	1,487	
mithin Soll-Gehalt	0,195	0,339	1,668	
davon Ist-Gehalt	0,175	0,346	1,604	
Rest als verbraucht	0,020	0,007 mehr	0,064	
die zugehörigen Sauerstoffmengen sind hiernach	0,027	—	0,025	

Da nach früheren Ansätzen Müller's die Kohlenoxydmenge ca. 2—2½mal das Volum des Metalls (bei 0°) repräsentiren würde, es aber nicht gelang, selbst das zur Untersuchung nöthige geringe Gasquantum zu sammeln, so muss dem Mangansilicitzusatz jedenfalls die stärkste Hinderungsfähigkeit der Gassecretion zugesprochen werden.

Die sämmtlichen weiteren Schlüsse Müller's gehören soweit zur Theorie der Converterprocesse, dass sie besser als hier, bei der Schilderung derselben zu erwähnen sein werden.

Eisen und Kupfer.

§ 70. Man hat dem in einigen Rohmaterialien der Eisenhüttenprocesse auftretenden Kupfer, welches in minimalen Portionen in Eisen und Stahl überzugehen vermag, stets Aufmerksamkeit geschenkt, da man in seiner Gegenwart eine Quelle gelegentlichen Rothbruches fand.

Dass man diese irgendwie aufgetauchte Meinung ohne Bedenken aufgriff und acceptirte und dass man in Folge dessen auf Kupfergehalt der Erze, des Roheisens etc. fahndete und die damit behafteten Rohmaterialien in bestimmtem Maasse als minderwerthig ansah, darf nicht Wunder nehmen, da ein solcher Vorgang nur zu häufig ist.

Erwägt man, dass das Kupfer ein regulär krystallisirendes, an sich sehr geschmeidiges, nur in gewissen Temperaturgrenzen brüchiges Metall ist, dessen Legirungen die Geschmeidigkeit und Dehnbarkeit ebenfalls und in ziemlich hohem Grade besitzen, so muss man doch sagen, dass eine ruhige Erwägung darauf hätte führen müssen, das Kupfer für sich allein und in den minimalen Verhältnissen seines Vorkommens in den Eisenfabrikaten, als nicht so verhängnissvoll anzusehen.

Versuche, die Karsten anstellen liess, ergaben durch Zusatz von ½—1/₀₀ Kupfer keine erhebliche Verminderung der Festigkeit gefrischten Eisens, wohl aber eine Erschwerung der Schweissbarkeit.

Andere Versuche, von Eggertz angestellt, ergaben, dass Schmiedeeisen mit ½/₀₀ Kupfer nur Spuren von Rothbruch zeigte.

Auch Versuche von Stengel u. A. ergaben einen geringeren Rothbruch als ihn der Schwefel hervorbringt, ebenso wurde die auf ein gewisses Maass von Kupfer beschränkte Legirungsfähigkeit nachgewiesen und die Abscheidung, bezw. Aussaigerung von metallischem Kupfer aus einer Eisenkupferlegirung.

Trotzdem galt das Kupfer noch immer als ein Feind des Stahls und man hielt dasselbe für die mitwirkende Ursache leichten Rothbruchs, übersah indess, dass stets noch Schwefel vorhanden war und dass dessen Einwirkung in den untersuchten Fällen von der Wirkung des Kupfers sich nicht gut trennen liess. Eine gewisse Legirungsfähigkeit von Kupfer und Eisen ist jedenfalls da, und wird schon durch die bekannte Praxis, Eisen mittelst Kupfer oder Messing zu löthen, bewiesen. Auch ein älterer Vorschlag, Eisen durch Eintauchen in geschmolzenes Kupfer mit einer festanhängenden Kupferhaut zu überziehen, basirt auf der Legirungsfähigkeit beider Metalle. Doch ist jedenfalls die Aufnahmefähigkeit des Eisens für Kupfer ungemein gering, da wiederholt die Erfahrung des Aussaigerns gemacht wurde. Ein praktischer Nutzen ist bei einer derartigen Verkupferung jedenfalls noch nicht gefunden worden.

§ 71. Hinsichtlich des Einflusses, den ein Kupfergehalt des schmiedbaren Eisens für sich und neben Schwefel auf dessen mechanische Eigenschaften ausübt, sind Untersuchungen von Wasum in Bochum von Interesse, welche derselbe in Stahl und Eisen 1882, S. 192 mitgetheilt hat. Diese bereits 1875 angestellten Versuche sind in einem 3. Converter gemacht worden und es wurde das Kupfer als

Metall, und der Schwefel als Schwefeleisen vor dem Einlassen der Charge in den Apparat gebracht, um durch das Blasen und überhaupt den gesammten Verlauf des Frischens eine bessere Durcharbeitung zu erzielen und ein durchaus homogenes Gemisch, eine gleichmässige Vertheilung des Zusatzes zu erreichen.

Die Blöcke wurden zu Schienen verwalzt, nachdem sie die bei der Fabrikation gewöhnliche Wärme erhalten hatten und zur Beurtheilung etwaiger anderer einschlägiger Verhältnisse wurde stets eine vollständige Analyse des Versuchsstabes angefertigt.

Die Versuchsreihe wurde in der Weise abgeführt, dass zunächst Kupfer allein, dann Schwefel allein, endlich Schwefel und Kupfer zusammen dem Metallbad zugeführt wurden.

Die erlangten analytischen und anderen Resultate sind im Folgenden zusammengestellt:

		C	*Si*	*P*	*Mn*	*S*	*Cu*		Verhalten beim Walzen
					1. Einfluss des Kupfers allein.				
Charge	1.	0,276	0,144	0,064	0,778	0,059	**0,482**	in Procenten	**sehr gut**
„	2.	0,233	0,091	0,050	0,709	0,060	**0,862**	„ „	**gut**
					2. Einfluss des Schwefels allein.				
„	3.	0,280	0,160	0,049	0,634	0,119	0,050	in Procenten	gut
„	4.	0,393	0,141	0,065	0,695	0,158	0,040	„ „	„
„	5.	0,258	0,136	0,043	0,500	0,201	0,076	„ „	schlecht
„	6.	0,307	0,075	0,039	0,488	0,214	0,057	„ „	„
„	7.	0,224	0,089	0,030	0,480	0,231	0,066	„ „	sehr schlecht.
					3. Einfluss des Schwefels und Kupfers zusammen.				
„	8.	0,311	0,051	0,061	0,514	0,107	**0,849**	in Procenten	gut
„	9.	0,281	0,169	0,059	0,594	0,170	**0,429**	„ „	schlecht
„	10.	0,235	0,164	0,045	0,468	0,173	**0,573**	„ „	„
„	11.	0,262	0,131	0,052	0,655	0,189	**0,406**	„ „	„

Die Chargen 1 und 2 gaben fehlerfreie Schienen, nur war bei 2 das obere (schlechte) Ende etwas rissig.

Die Chargen 3 und 4 gaben gute Schienen, obwohl in der Vorwalze kleine unschädliche Risse sich zeigten, die später aber verschwanden. Die Chargen 5 und 6 hatten starken Rothbruch und gaben absolut unbrauchbare Schienen, während die Blöcke aus 7 bereits in den beiden ersten Kalibern in Stücke brachen.

Die Charge 8 verhielt sich ähnlich wie die Chargen 3 und 4, indem anfänglich sich zeigende Risse später verschwanden und die Schienen gut wurden. Die Chargen 9, 10, 11 hatten mässigen Rothbruch und die Schienen waren fehlerhaft, wenn auch nicht gänzlich unbrauchbar.

Wasum folgert aus seinen Versuchen, dass Kupfer selbst mit $0,862/_{00}$ noch keinen Rothbruch hervorbringe, also nicht so gefährlich sei, als man gewöhnlich annehme.

Sei Kupfer und Schwefel zusammen in dem Produkt, so trete erst ein Rothbruch ein, wenn der Schwefelgehalt an sich genügend sei, einen solchen hervorzubringen.

Der Rothbruch bei den Chargen 9, 10 und 11 sei lediglich dem Schwefel zuzuschreiben, denn 8 mit $0,107/_{00}$ Schwefel und $0,849/_{00}$ Kupfer habe noch keinerlei Rothbruch gezeigt.

§ 72. Choubley von den Stahlwerken zu Firminy, theilt im Anschluss an die Wiedergabe der Wasum'schen Arbeiten mit, dass eigene, auf den genannten Werken abgeführte Versuche die Richtigkeit der westfälischen Versuche bestätigt hatten. Da etwaige Kantenrisse bei der Untersuchung auf Rothbruch, auch anderen Ursachen, z. B. Blasen zugeschrieben werden können, bediente man sich in Firminy ausschliesslich des nachstehenden Modus der Untersuchung.

Ein Stab von 20×20 mm Querschnitt wurde in der Mitte seiner Länge eingehauen und dann zur direkten Kirschrothgluth erhitzt, weil in dieser Temperatur der Rothbruch eintritt. Man schlug nun die beiden Stabenden zusammen, so dass der Hieb aussen auf der convexen Seite blieb und untersuchte dann das Verhalten des durch den Einhieb hergestellten Schlitzes.

In den wirklich rothbrüchigen Produkten zerbrach der Stab bereits unter den ersten Schlägen des Hammers, während bei nicht rothbrüchigem Eisen nur die Ränder des Hiebschlitzes auseinander gingen, der Grund desselben aber vollkommen ganz blieb. Reisst derselbe mehr oder weniger auf, so kann man auf mehr oder weniger Rothbruch erkennen.

Der Schluss Wasum's, dass $0,86/_{00}$ *Cu* ohne Schwefel noch keinen Rothbruch geben, konnte durch Choubley's Versuche dahin erweitert werden, dass auch bei $1,0/_{00}$ *Cu* ohne Schwefel Rothbruch noch nicht eintritt.

Man schmolz in einem Tiegel 15 Kilo Stahlabfälle mit 150 gr Kupfer ein und erhielt ein Metall von hinlänglicher Bearbeitbarkeit, um ohne Spur von Rothbruch die complicirtesten und das Metall „ermüdendsten“ Gestalten schmieden zu können.

Die Analyse desselben ergab:

0,495/$_{00}$ Kohlenstoff
0,460/$_{00}$ Mangan
0,150/$_{00}$ Silicium
0,069/$_{00}$ Phosphor
0,040/$_{00}$ Schwefel
0,960/$_{00}$ Kupfer.

§ 73. Da dieser Versuch wie auch die Versuche von Wasum darthaten, dass Kupfer bei Gegenwart von Minimalmengen an Schwefel und Phosphor keinen so schädlichen Einfluss auf das Eisenfabrikat ausübt, wie man gedacht hatte und nachdem weiter constatirt war, dass nur bei hinlänglicher Gegenwart von Schwefel der Rothbruch kupferhaltigen Eisens eintrat, erschien es von Interesse, auch die entsprechenden Verhältnisse zwischen Kupfer und Phosphor zu entscheiden.

Es wurde in einem Martin-Ofen von 10 Tonnen operirt und das Kupfer wurde in metallischem Zustand nach erfolgtem Einschmelzen des Roheisens zugesetzt. Die Mischung, bezw. Vertheilung des Kupfers geschah in vollständigster und regelmässigster Weise, wie es zahlreiche Proben zu verschiedenen Zeiten des Abgiessens ergeben haben.

Es wurden im Ganzen fünf Operationen abgeführt, in welchen der Kupferzusatz zwischen 0,35 und 0,55/$_{00}$ variirte, während der Phosphorgehalt zwischen 0,15 und 0,20/$_{00}$ blieb.

Die erhaltenen Blöcke wurden zu Schienen ausgewalzt und das Metall jedes Abstichs auf Rothbruch in der vorher angedeuteten Weise untersucht.

Die erhaltenen Resultate sind nachstehend zusammengestellt:

Nummer des Abstichs	Analyse des Metalls						Resultat der Bearbeitung	
	C	*Mn*	*Si*	*P*	*S*	*Cu*	in der Rothbruchprobe	beim Walzen
1.	0,510	0,454	zwischen 0,1 u. 0,15	0,192	0,068	0,360	ohne Spur von Rothbruch	gleich gut
2.	0,600	0,539		0,204	0,045	0,370		
3.	0,492	0,360		0,150	0,073	0,420		
4.	0,580	0,393		0,174	0,054	0,440		
5.	0,540	0,427		0,192	0,070	0,480		

Choubley folgert aus den Versuchen, dass ein Flussmetall mit ca.

0,5/$_{00}$ *C*
0,4—0,5/$_{00}$ *Mn*
0,2/$_{00}$ *P*
0,5/$_{00}$ *Cu*

noch keine Spuren von Rothbruch zeigt und sich gut walzen lässt. (Bulletins etc. de la société de l'industrie minérale 1884, S. 70.)

Kohlehaltiges Eisen und Zink.

§ 74. Obwohl durch andauernden Contakt von flüssigem Zink und Eisen (Roheisen, Schmiedeeisen, wahrscheinlich auch Stahl) sich Zinkeisenlegirungen bilden, die selbst deutlich krystallisiren, so hat doch das Zink für die eigentlichen Eisenfabrikationsprocesse keine besondere Bedeutung. Für die späteren Bearbeitungsarbeiten dagegen ist die Fähigkeit des Eisens, zinkhaltige Legirungen zu bilden, von grossem Werth — weil diese Fähigkeit gestattet:

1. das Eisenfabrikat mit Zink zu überziehen,
2. dasselbe mit solchen Metallen zu überziehen und zu umhüllen, welche keine hinlängliche Verwandschaft zum Eisen selber haben, um direkt Legirungen bilden zu können.

Durch länger dauerndes Eintauchen von Eisenfabrikaten (Gusseisen und Schmiedeeisen vornehmlich, da Stahl wohl kaum in diesen Fall kommen kann) in geschmolzenes Zink wird ein Ueberzug gebildet, der mittelst der an der Oberfläche selbst entstandenen Zinkeisenlegirung dem Eisen fest anhaftet und seinerseits nun sich mit anderen Metallen verbindet, die darum gelegt oder gegossen werden.

So kann man z. B. gusseiserne Geschosse, welche mit Bleimänteln versehen werden sollen, hierzu am Besten vorbereiten, wenn man sie eine erfahrungsgemäss zu bestimmende Zeit in ein Zinkbad hängt, dann rasch herausnimmt, in die eiserne Bleimantelform steckt und mit heissflüssigem Blei um-

giesst. Hartgussgeschosse, welche in ähnlicher Weise präparirt werden sollen, beizt man besser mit einer sauren Zinklösung und hängt sie dann in das Zinkbad hinein.

Die schmiedeeisernen Fabrikate, welche mit einem haltbaren Zinküberzug versehen werden sollen, werden nach erfolgter Decapirung mit Säuren oder auch mit Chlorzink und nach erfolgtem Trocknen in die Zinkbäder gebracht und eine erfahrungsgemäss bestimmte Zeit darin gelassen. Sie überziehen sich dann mit einem festen, selbst einer leichten Biegung und Deformirung wiederstehenden Ueberzug und gehen als „galvanisirte“ oder verzinkte Artikel in den Handel.

Werden bei der Erzverarbeitung zinkhaltige Erze verschmolzen, so bildet sich selten oder nie zinkhaltiges Roheisen; das Zink des Möllers wird vorwiegend in den Hochofengasen gefunden (cf. Bd. II, S. 350, § 579). Aus diesem Grunde kann auch kein Zinkgehalt in den Darstellungsprocessen des schmiedbaren Eisens von irgend welcher Wirksamkeit sein.

Kohlehaltiges Eisen und Zinn.

§ 75. Wie zu Zink, so hat das kohlehaltige Eisen auch zu Zinn eine gewisse Verwandschaft und lässt sich nach der Annahme Einzelner in sehr verschiedenen Verhältnissen mit dem Zinn verbinden.

Bei den Zinnhüttenprocessen bilden sich fast immer eisenhaltige Sorten von Rohzinn und wiederum zinnhaltige Eisensauen; ebenso beobachtet man bei anderen Veranlassungen, wo Eisen und Zinn in höherer Temperatur zusammenkommen, z. B. flüssiges Zinn in Eisengefässen, die allmälige Bildung von Eisenzinnlegirungen.

Eine solche entsteht auch beim Eintauchen blankgescheuerten Eisens in geschmolzenes Zinn auf der Oberfläche der eingetauchten Gegenstände und veranlasst das spätere Anhaften des metallischen Zinns.

Auf diesem Verhalten beruht der technische Process der Weissblechfabrikation, sowie der Verzinnung von Eisenwaaren.

Dieses Ueberziehen mit Zinn ist um so haltbarer, je dichter und reiner die zu bedeckende Metallfläche gewesen ist und je weniger fremdartige Verbindungen des Eisens mit anderen Substanzen die Textur des Metalls stören. Roheisen verzinnt sich weit schlechter als Stahl, und Stahl weit schlechter als gewöhnliches Eisenblech; besonders geeignet zur Weissblechfabrikation sind unter den Produkten der letzterwähnten Kategorie wiederum die von recht dichter schlackenfreier Textur, wie sie z. B. der Heerdfrischprocess liefert.

Andere Anwendungen von der Verwandschaft des Zinns zum Eisen als zur Herstellung verzinnter Waaren, sind wohl versucht, doch nie zu einer dauernden Benutzung gebracht worden.

Dahin gehören die Versuche, Eisenbahnschienen durch Einpaketiren von mit Zinn gepuddelten Platten im Kopfe zu härten (Stirling's Patent); dieselben führten aber zu keinem Resultat, weil eine beträchtliche Härtezunahme nur auf Kosten der Haltbarkeit zu erreichen gewesen wäre.

Auch Legirungen von Zinn und Gusseisen, — welche Rinman und später wiederum Stirling unter dem Vorgeben darstellten, sie seien einestheils weniger dem Rosten ausgesetzt als gewöhnliches Gusseisen, anderntheils seien sie härter und dichter als gewöhnlicher Guss — gelangen nicht; sie waren selbstverständlich theurer als letzterer und ihre Festigkeit und Härte selten so viel grösser, dass die Mehrkosten gelohnt hätten.

Als interessantes theoretisches Faktum in der ganzen sonst werthlosen Reihe der Versuche mit Zinn und Eisen mag hervorgehoben werden, dass durch Zusammenschmelzen von Roheisen und Zinn eine starke Graphitausscheidung verursacht wird (Eyferth und Rammelsberg).

Kann man nach dem Vorgetragenen den einfachen Zinneisenlegirungen jede weitere technische Bedeutung absprechen, so schliesst dies nicht aus, dass Zinn und Eisen sich im Verein mit anderen Metallen z. B. Kupfer in verschiedenen Legirungen, z. B. Glockenspeisen vorfinden. Unreine eisenhaltige Schwarzkupfer und ebenfalls unreine Zinnsorten können möglicherweise zur Herstellung einer eisenreichen Bronce führen, die man aber vom Standpunkt vorangeschrittener Technik kaum als mustergiltigen Vertreter der Glockenbroncen ansehen dürfte.

Lagermetalle aus Eisen, Kupfer und Zinn sind oft benutzt worden, doch nie dauernd mit Vortheil (cf. Guettier: Alliages métalliques S. 307).

Auch andere ähnliche Legirungen, das Muntz-Metall etc. haben eine dauernde Verwendung nicht erlangt.

Kohlehaltiges Eisen und Blei.

§ 76. Noch weniger bedeutsam sind die Beziehungen der Eisenfabrikate zu Blei, wie wohl Verbleiungen schon versucht worden sind.

Der gegenseitige Einfluss beider Metalle in hoher Temperatur, z. B. bei der Schmelzhitze des Bleies ist nicht sehr gross, wie wohl er nicht ganz geleugnet werden kann. Sonnenschein hat eine in Krystallen aufgetretene Eisenbleilegirung aus einer Hochofensau untersucht und ein Verhältniss Pb_2Fe ermittelt. In dem betreffenden Hochofen waren bleihaltige Brauneisensteine jahrelang verarbeitet worden.

Das Durchtreten von Blei durch aus sehr grauem Holzkohlenroheisen hergestellte Pattinsonkessel, sowie das nach und nach stattfindende ganz gleiche Phänomen in Kesseln aus grellerem Cokesroheisen, das von Dick in England beobachtete Eindringen von Blei in die beim Pattinsoniren benutzten Löffel — alle diese Erfahrungen beruhen vermuthlich auf einer Legirung von Eisen und Blei, die sich bildet, leichtflüssiger als Eisen ist und unter dem hohen Druck geschmolzenen heissen Bleies aus der Metalltextur aussaigert.

Die berühmte, angeblich tellurische Eisenmasse, zu Gross-Kamsdorf gefunden, soll $6/_{00}$ Blei enthalten haben; sie ist als ein Kunstprodukt anzusehen.

Alle Versuche, eine bleireichere Eisenlegirung herzustellen, müssen als vergeblich angesehen werden und der von einigen Giessereien beobachtete Einfluss eines geringen Bleizusatzes auf Roh- oder Gusseisenbäder beruht wohl weniger auf einer Legirungserscheinung als auf einer Veränderung der Schlackenqualität auf dem Eisen (Guettier: Alliages métalliques p. 118, 119).

Kohlehaltiges Eisen und Edelmetalle.

§ 77. Die Eisenfabrikate und die Edelmetalle haben im Allgemeinen eine ziemliche Verwandschaft und lassen sich leicht legiren.

Eine Goldeisenlegirung mit $^1/_6$ Eisen ist das graue Gold der Goldwaarenfabrikanten, und ein mit $^3/_5$—$^4/_5$ Eisen versetztes Gold ist zu Schneideinstrumenten verarbeitet worden, die sich härten liessen.

Legirungen von Platin und Eisen sind vielfach hergestellt worden und haben die Möglichkeit und die Existenz verschiedener Verhältnisse zwischen den beiden Componenten ergeben. Ebenso hat man Stahl und Platin zu legiren versucht und glaubte ein weniger dem Rosten ausgesetztes, politurfähigeres Produkt zu erhalten, was namentlich zu blanken Waffen, Säbeln etc. brauchbarer sein sollte als gewöhnlicher Stahl.

Gleiche Theile Stahl und Platin ergaben ein sehr schön polirbares Metall von 9,86 spec. Gew., während 90 Platin und 20 Stahl schon eine viel schwerere Legirung, nämlich von 15,88 spec. Gew. ergab; beide Legirungen waren schmiedbar (Stodart & Faraday). Eine andere Legirung von $10/_{00}$ Platin und $90/_{00}$ Stahl ergab ein gutes Spiegelmetall (Dumas).

Trotz dieser gelungenen Versuche ist ein praktischer Werth diesen Legirungen nicht zuzuerkennen, da sie viel zu theuer sind, um als Eisenfabrikate, und viel zu unhaltig, um als Edelmetalllegirungen gelten zu können.

Die Verhältnisse zwischen Silber und Eisen sind in keiner Weise erfolgreich untersucht worden (Guettier: Alliages métalliques p. 143, 150, 154).

Was das Ueberziehen von Eisenwaaren mit den genannten Metallen anlangt, so ist dasselbe nur in beschränktem Maass anwendbar, da eigentlich nur ganz weiches Schmiedeeisen sich zur Herstellung von derartigen Ueberzügen eignet, Stahl dagegen (wie das Gusseisen) Schwierigkeiten verursacht.

Kohlehaltiges Eisen und Nickel (und Kobalt).

§ 78. Die Beziehungen des Eisens zum Nickel sind etwas engere als zu den bisher behandelten Metallen; sie stellen sich denen das Mangans zur Seite und würden jedenfalls Bedeutung gewinnen, wenn die Praxis das Zusammenvorkommen der beiden Metalle häufiger constatirte.

Von allen in der Natur vorkommenden Eisenverbindungen etc., zeigt nur das Meteoreisen einen regelmässig wiederkehrenden Nickelgehalt, dessen Gegenwart in vereinzelt gefundenen Eisenblöcken in der Regel dazu benutzt wird, um dieselben als Meteoreisen sicher zu charakterisiren.

Da das Nickel an sich ein duktiles Metall ist und da die neuere Nickelindustrie die Herstellung von Nickelwaaren aller Art auf dem Weg des Schmiedens, Walzens etc. betreibt, so ist von vornherein die Wahrscheinlichkeit gross, dass Nickeleisenlegirungen ebenso bearbeitbar sein können, als Eisenfabrikate selbst.

Aeltere Versuche haben allerdings diese Voraussetzungen nur bis zu einem gewissen Grade bestätigt und namentlich dargethan, dass, während eine Legirung mit $3/_{00}$ Nickel, welche wesentlich der Zusammensetzung des Meteoreisens entspricht, noch ebenso duktil und bearbeitbar wie gewöhnliches Eisen ist, Legirungen mit $10/_{00}$ Nickel halbduktile und sehr zähe Verbindungen sind (Stodart & Faraday und Berthier).

In Betreff des letzten Versuchs möchte bemerkt werden, dass die Ausführung desselben zu kritisiren ist; Berthier reducirte im mit Kohle gefütterten Tiegel eine dem obigen Verhältniss entsprechende Mischung von Eisenoxyd und Nickeloxyd. Es bildete sich dabei jedenfalls ein stark kohlehaltiges Produkt, da das Nickel in der Kohlenstoffaufnahme dem Eisen so ähnlich ist, dass es sogar als Rohnickel feinzertheilten Graphit in Menge enthält. Dadurch wird es nicht ohne Weiteres klar, ob die in der erzielten Legirung constatirte grössere Dichtigkeit und Zähigkeit durch die Kohlenaufnahme derselben, oder durch den Nickelgehalt des Eisens hervorgebracht wird.

Versuche, Nickel mit Stahl zu verbinden, haben günstige Resultate in Bezug auf Härte und Politurfähigkeit ergeben und soll die Legirung leichter oxydirbar gewesen sein als der Stahl selbst (Stodart & Faraday).

Neuere Versuche von Richardson, reines Nickel aus einer renommirten Fabrik (Evan & Askin) mit Eisendraht in Thontiegeln und unter Spiegelglasdecke zu legiren (Percy-Wedding S. 227, I, 1) ergaben keine weiteren Resultate für die Praxis, da eine regelrechte Bearbeitung der erhaltenen Könige nicht versucht worden ist. Ob ein eben ausgeschlackter Metallkönig spröde ist, oder nicht, darauf kommt es wenig an, wohl aber darauf, ob grössere Massen spröde werden und ob sie sich unter bestimmten Verhältnissen dennoch bearbeiten lassen oder nicht.

Wolff in Schweinfurt stellte Legirungen von Eisen und Nickel dar, ebenso von Stahl und Nickel, welche von Liebig geprüft und untersucht worden sind.

Der Nickelstahl (?!) hatte das Aussehen und die Eigenschaften des Damaststahls und das Nickeleisen zeigte, auf gewöhnliche Weise präparirt, gleichfalls eine prachtvolle Damascirung.

Es kann dies daher rühren, dass, was ja noch nicht untersucht ist, Mischungen eines Kohleeisens, Kohlenickel, Eisen und Nickel sich bilden, die allerdings dann eine bessere d. h. in den Figuren complicirtere Damascirung hervorbringen als einfaches Kohleeisen sie zu zeigen vermag.

Seit der Ausdehnung der Nickelindustrie und ihrem Selbständigwerden, treten diese Combinationen mit dem Eisen immer mehr zurück und für den Eisenhüttenmann vollends sind sie interessant aber werthlos.

§ 79. In einer Diskussion anschliessend an eine Verhandlung über Versuche zur Bestimmung der Kraftleistung beim Walzen (Stahl und Eisen 1881, S. 71) machte Dr. Kollmann auf Versuche aufmerksam, die im Verwalzen und Untersuchen von aus Nickel und Flusseisen zusammengesetzten Paketen angestellt wurden.

Es wurde ein Paket aus vier Flusseisenstäben mit Zwischenlagen von Nickel hergestellt und dann zum Verwalzen gebracht. Da Seitens der Nickelfabrikanten die Vorschrift gegeben war, das Paket, wegen der leichteren Oxydirbarkeit des Nickels nicht zu warm zu machen, erhitzte es der Versuchende vorsichtig und innerhalb eines Rohres, um die Wirkung der Feuergase etwas abzuschwächen. Als es in die Walze gebracht worden war, fiel das Paket an den Schweissstellen auseinander, wurde aber sofort in den Schweissofen zurückgebracht, zu vollster Schweisshitze erhitzt und nun zu einer Grubenschiene glücklich ausgewalzt.

Das ganze Verhalten zeigt, dass erstens die Verschweissung metallischen Nickels mit Flusseisen, bezw. Flussstahl vollkommen gelingen kann und dass zweitens die Nickelstäbe sich bezüglich des Walzens oder Schmiedens etc. ganz so verhalten wie die Eisenstäbe.

Im Anschluss daran machte Dr. Kollmann Versuche mit reinem Nickel, d. h. solchem, dem zum Austreiben der Gase ca. 0,05/$_{00}$ Magnesium zugesetzt worden war und erhielt zunächst in der Zerreissmaschine die Beweise eines dem des mittelharten Bessemerflusseisens durchaus analogen Verhaltens.

Dann wurde durch Einhauen und Brechen eines dickeren Stabes aus demselben Nickelmetall die absolute Aehnlichkeit der Bruchererscheinung mit der des Flusseisens etc. erwiesen, so dass, abgesehen von der anderen Farbe, die Verwechselung beider Brüche nicht ausgeschlossen schien.

Eine Reihe Festigkeitsproben mit reinem Nickel ergab die Elasticitätsgrenze bei 38 Kilo, die Zerreissung dagegen bei 55—65 Kilo, bei 15—21/$_{00}$ Dehnung. Auch Nickeldraht zeigte bei Zerreiss- und anderen Proben ein analoges Verhalten.

Aus Allem geht hervor, dass eine ebenso intime Beziehung zum Nickel vorhanden ist, wie zum Mangan und dass das Nickel wohl fähig wäre, das Eisen in den Fabrikaten zu ersetzen.

Wenn trotzdem, ausser der Vernickelung oder der Plattirung mit Nickel praktische, brauchbare Consequenzen aus der nahen Verwandtschaft nicht hervorgehen, so liegt das daran, dass die Nickelindustrie eine selbständige geworden ist und dies Metall einen billigeren Preis, eine grössere Verbreitung erlangt hat als es hatte. Es wird einen bestimmten Verwendungskreis erhalten und für Gegenstände häuslichen Gebrauchs, theils den polirten Stahl, theils das Silber, noch mehr aber die Neusilberlegirungen ersetzen. Combinationen von Eisen und Nickel haben wohl wenig Aussicht zu einer massenhaften Verwerthung und Legirungen, z. B. Nickeleisen, Nickelstahl mit etlichen Procenten des anderen Metalls, werden, wie alle derartigen Verbindungen der wachsenden Vervollkommnung in der Massendarstellung qualificirter Eisen- und Stahlsorten gegenüber täglich bedeutungsloser.

Für einzelne Artikel, welche die Eisenwaarenindustrie anfertigt, kann das Nickel, resp. Eisen- und Nickellegirungen, bedeutungsvoll werden; für die Eisengrossindustrie ist die Beziehung zum Nickel höchstens von theoretischem Interesse.

Kohlehaltiges Eisen und Chrom.

§ 80. Neben dem Mangan hat besonders das Chrom Bedeutung für das Eisenhüttenwesen gewonnen, wiewohl die finanziellen Ergebnisse der betreffenden Untersuchungen nicht hinreichend günstig waren, um eine dauernde Einführung der chromhaltigen Eisenfabrikate zu veranlassen.

Veranlasst wurden die Versuche in grösserem Maassstab dadurch, dass beim Bau amerikanischer Brücken (St. Louis) ein chromhaltiges Flusseisen plötzlich als Concurrent anderer Flusseisensorten auftrat und nach geschehenem günstigen Ausfall der betreffenden Proben den Vorzug erhielt.

Wenn nun auch die Ingenieurzeitschriften damals vielfach von einer Substitution des Chroms an Stelle des Kohlenstoffs redeten (?!?), so suchten die Eisenhüttenleute überall, wo ein reichliches und billiges Vorhandensein von Chromeisenstein die Veranlassung dazu bot, die Rolle des Chroms zu ergründen und sein ganzes Verhalten aufzuklären.

Den ersten Rang unter diesen Arbeiten nehmen die Untersuchungen Boussingault's und die daran sich anschliessenden praktischen Versuche der Firma Holtzer & Co. in Unieux bei Firminy, ferner die Versuche Sergius Kern's von den Obouchoff-Stahlwerken in St. Petersburg ein.

Die Firma Holtzer & Co., welche sich vorwiegend mit der Darstellung von Gärbstahl und Gussstahl befasst, zum Theil cementirt, zum Theil puddelt, daneben martinirt und eine Reihe interessanter Vorrichtungen hierzu betreibt, ermittelte auf Boussingault's Veranlassung den Einfluss von Chrom auf die physikalischen Eigenschaften des Stahls und namentlich auf seine Härtbarkeit und Zähigkeit.

Da man eine grössere Dichtigkeit und Gleichmässigkeit des Korns, ferner eine auffallende Zunahme der Festigkeit und Elasticität constatirte, welche um so bedeutender war, je grösser gleichzeitig der Kohlenstoffgehalt sich erwies, glaubte man in dem Chromzusatz ein Mittel zu sehen, um aus französischem Material, resp. den französischen Hütten zugänglichem Material ein gleich hartes und festes Produkt erzielen zu können, wie es Sheffield aus bestem schwedischen Eisen regelmässig erzielt.

Die Resultate der praktischen Versuche wurden 1878 in Paris ausgestellt und erregten allgemeines Aufsehen, sowohl durch die äusseren Eigenschaften als auch durch die mitgetheilten Resultate.

Danach sind aus verschiedenen Chromeisensteinen chromhaltige Roheisensorten, Ferrochrome, mit 15—30/$_{00}$ *Cr* erblasen worden, von denen ein 30/$_{00}$ *Cr* enthaltendes Muster 2,25/$_{00}$ *C* enthielt, während andere Muster mit 15—30/$_{00}$ *Cr* mit Kohlenstoff gesättigt waren.

Die hieraus (vermuthlich) gepuddelten und raffinirten Stahlsorten zeigten bei den Versuchen sehr hohe Werthe für die Elasticität und für den Bruch, daneben auch erhebliche Dehnungen, welche indessen bei den festesten und elastischsten Sorten am geringsten sich erwiesen.

Genauere Angaben über die Zusammensetzung waren nicht gemacht, auch war verweigert worden, selbst an die Jury Muster oder Proben zu geben. Das Aussehen der Brüche war im höchsten Grade bestechend; die Farbe ein gelbliches Hellgrau, bis zum grauen Silberton in den feineren Gefügen übergehend, die Textur, fein und gleichmässig, mit rundlichem, mattglänzenden Korn. Alles trug dazu bei, den Eindruck geschmeidigster Festigkeit zu vollenden, den man beim ersten Anblick der Brüche empfand.

Die mitgetheilten Proben zeigten nachstehende Resultate:

Elasticität	Bruchbelastung	Dehnung
12,6 Kilo	134,3 Kilo	8,3/$_{00}$
60,1 „	92,8 „	13,9/$_{00}$
73,5 „	114,8 „	8,8/$_{00}$
112,2 „	125,4 „	12,0/$_{00}$
62,0 „	101,4 „	9,7/$_{00}$
120,0 „	128,0 „	9,3/$_{00}$
110,0 „	119,5 „	10,1/$_{00}$
74,0 „	109,6 „	11,2/$_{00}$
100,0 „	120,0 „	9,3/$_{00}$
103,1 „	122,0 „	8,7/$_{00}$
103,0 „	117,0 „	12,1/$_{00}$
40,1 „	58,0 „	27,4/$_{00}$

(Dürre, Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1879, S. 29.)

Auf derselben Ausstellung befanden sich auch noch Chromstahlmuster von der Gesellschaft Terrenoire, über welche auch nur sehr sparsame Angaben gemacht wurden.

Eine anderweitig bekannt gewordene Reihe Analysen von Chromstahl von Unieux ergab einen Chromgehalt von 0,5—0,9 Procent.

§ 81. Die Fabrikationsweise ist durch die Mittheilungen der Chrome Steel Company zu Brooklyn b. New York insoweit näher bekannt geworden, als daselbst drei Qualitäten von verschiedener Härte fabricirt werden, denen sich ausnahmsweise eine allerhärteste und eine weichste zur Seite stellen.

Die härtere der drei Hauptsorten diente zur Herstellung von Dreh- und Hobelwerkzeugen und soll Hartguss haben anschneiden können; die mittlere Sorte wurde vorzugsweise zu Schneidwerkzeugen, die weichere dagegen zu Haumeisseln, Steinbohrern und Steinbruchgeräthen überhaupt benutzt.

Der Chromstahl liess sich im Allgemeinen in grösseren Blöcken schlecht schmieden, wogegen derselbe bei ziemlich hoher Hitze sich bearbeiten liess und leicht schweisste. Man machte daraus Seitenplatten für die Geldschränke, indem man abwechselnde Lagen von Eisen- und Chromstahl zusammenschweisste, walzte und später härtete. (Jeans, Steel, S. 526.)

Ueber die Herstellung selbst wird angegeben, dass das Chromerz (von Baltimore) 37—60 Cr_2O_3 enthaltend, zu Staub gemahlen und mit Holzkohle gemischt wird, um (bei schärfstem Feuer) in Graphittiegeln geschmolzen zu werden. Das so erhaltene Ferrochrom wird mit Stahl zusammen in Gussstahlöfen beliebiger Construktion geschmolzen; — mit Eisen geschmolzen, soll es eine minder brauchbare Legirung geben.

In Amerika ist der Chromstahl zu Geschützmaterial (schwere Caliber), feuerfesten Geldschrankplatten, endlich zu Tischler- und anderen Werkzeugen verwendet worden.

Das meiste Licht über die Darstellung der Chromeisenlegirungen verbreitet eine Arbeit von Sergius Kern über die Versuche auf den Obouchoff'schen Stahlwerken. Man umgeht daselbst das Chromroheisen, indem man direkt eine „geeignete“ Mischung von Eisen- oder Stahlabfällen mit Chromeisenstein und Kalk einschmilzt und dabei ein Metall von 0,08—0,25/$_{00}$ Cr erhält. (Annales des Mines, VII. Série, Vol. XIII, p. 152.)

Man soll hierbei einen besseren und billigeren(?) Gussstahl erhalten haben als mit Hilfe der Manganlegirungen, die doch immer Schwefel und Phosphor enthielten.

Aus dem Mitgetheilten ist zu ersehen, dass der Einfluss eines gewissen Chromgehalts ein günstiger ist und dass sowohl Härtbarkeit als Schweissbarkeit des Eisenfabrikats durch die Chromaufnahme sich verbessern. Ob dasselbe nicht auch eintritt, wenn die gleiche Sorgfalt, die auf die Herstellung der Chromeisen- und Chromstahlprodukte verwandt wird, auf die nach gewöhnlicher Methode dargestellten Eisenfabrikate verwendet wird, ist nicht ausser Frage.

Jedenfalls ist die Benutzung des Hochofens zur Ferrochromdarstellung wirthschaftlich nicht möglich und das Tiegelschmelzverfahren gibt noch weit theuerere Produkte, die nur zu wenig Zwecken nutzbar gemacht werden könnten.

Ob kleine Ferrochromzusätze beim Converterbetrieb etc. Nutzen stiften, ist wohl fraglich, da man vielmehr annehmen kann, dass eine Oxydation derselben noch eher stattfindet, als hinsichtlich des Ferromangans. Der Einfluss kleiner Zusätze geschmolzenen Ferrochroms am Schluss der Operation ist noch nicht besprochen worden.

Kohlehaltiges Eisen und Wolfram.

§ 82. Viel früher als Chrom ist Wolfram in eine bestimmte Beziehung zum Eisen und Stahl gebracht worden.

Berthier hat zuerst die Erfahrung gemacht, dass das unter dem Namen Wolfram bekannte Mineral durch Reduktion in einem mit Kohle gefütterten Tiegel eine Legirung aus 16,4/$_{00}$ Eisen, 5,8/$_{00}$ Mangan und 77,8/$_{00}$-Wolfram gäbe.

De Luynes in einer besonderen Behandlung über die Darstellung des gegossenen und damascirten Stahls, wies in acht von neun Untersuchungen orientalischer Damaststahlsorten Wolfram in veränderlicher Menge nach.

Dr. A. Bernoulli (heute Gewerberath in Oppeln) stellte in seiner Doktordissertation den Satz fest, dass nur der graphitische Kohlenstoff des Gusseisens die Wolframsäure zu reduciren vermag und dass der gebundene Kohlenstoff ohne Einfluss ist.

Drehspähne von grauem Roheisen mit einer genügenden Portion von Wolframsäure erhitzt, geben deshalb wolframhaltigen Stahl, während graues Roheisen in Stücken, geneigt ist, zusammenzuschmelzen und dann der graphitische Kohlenstoff an der Einwirkung auf die Wolframsäure gehindert wird.

Ziemlich zur selben Zeit wurde auf den von Mayr'schen Werken zu Leoben der Wolframzusatz zu der Gussstahlbereitung in grösserem Maassstab versucht und in Folge günstiger Resultate gelangte man zu der Annahme, dass Wolframstahl die höchsten Qualitäten in Feinheit und Gleichmässigkeit der Textur, Härte, Dichtigkeit, Festigkeit etc. vereinige.

Obwohl E. F. Sanderson von Sheffield, ferner Tunner und Wagner sich nicht in gleichem Sinne, sondern im Gegentheil, ungünstig aussprachen, so hob Delvaux de Fenffe hervor, dass Versuche in Berliner Maschinenwerkstätten (Egells, Freund und Schwarzkopff), sowie zu Bochum den

Schluss gestattet hätten, dass der untersuchte Wolframstahl den besten damals im Handel auftretenden Gussstahl in allen wichtigen Eigenschaften übertroffen hätte. (Revue universelle des mines 1860, p. 88.)

Trotz dieser widersprechenden Ansichten wurde von verschiedenen Seiten bereits Wolframstahl an Stelle gewöhnlichen Gussstahls angeboten und verwendet.

Ein feiner Sheffielder Schneidstahl oder Drehstahl, der in Stockholm untersucht wurde, enthielt 9,3/00 Wolfram und 0,7/00 Silicium, neben nur 0,6/00 Kohlenstoff. Ein sogenannter Specialstahl von Mushet enthielt 8,3/00 Wolfram und 1,73/00 Mangan; ein anderer Specialstahl von Howell in Sheffield enthielt 5,863/00 Wolfram und 1,5/00 Kohle.

Akerman bemerkt, dass Wolframzusätze die Dehnbarkeit des Eisens vermindern und dass es möglich wird, durch Zusammenschmelzen von Wolfram und Eisen einen Stahl zu erlangen, der härter ist als jeder nur durch Kohlenstoffgehalt hervorgebrachte Stahl. Diese Härtezunahme ist indess von einer bedenklichen Sprödigkeit im kalten Zustand begleitet, ebenso wie von erheblichen Schwierigkeiten der Bearbeitung im heissen Zustand.

Die Härte, welche der Wolframzusatz hervorbringt, wird durch Härten selbst nicht gesteigert; im Gegentheil kann Wolframstahl nicht ohne Zerbrechen gehärtet werden. Man vermag ihn kalt nur durch Schleifen zu bearbeiten; durch das Bearbeiten in heissem Zustand und mit grösster Vorsicht, kann man ihm wohl die gewünschte Form geben, es muss aber in vielen Wiederholungen geschehen, um alle Risse und Sprünge zu vermeiden. Nachdem die gewünschte Form erreicht ist, muss man sogar durch mehrfache leichte Schläge in fast kaltem Zustand, den Abkühlungsprocess unterbrechen oder modificiren.

Ausser bei hartem Stahl, ist auch bei weichem, zähen Stahl die Einwirkung des Wolframs untersucht worden. Tamm fand in einem Kanonenstahlrohr 0,52/00 *C*, 0,04/00 *Si*, 0,3/00 *W*, 0,04/00 *P*, 0,005 *S*, und Styffe bestimmte die Zugfestigkeit desselben Metalls auf 77½ Tonne pro □ Zoll mit 54/00 Contraktion und 13/00 Dehnung. (Jeans a. a. O., S. 530.)

§ 83. Da im Weiteren von dem Wolframstahl nicht mehr die Rede sein wird, so folgen hier noch die bekannt gewordenen Erfahrungen, die Darstellung betreffend.

Das Wolframmineral ist das in den Zinnerzlagerstätten, sowie anderweitig vorkommende Wolfram $FeWO_4$, wolframsaures Eisenoxydul, welches indess leicht schwefel- und arsenhaltig sein kann. Um es von diesen Bestandtheilen zu befreien, muss es geröstet und mit verdünnten Säuren behandelt werden, worauf der Rückstand getrocknet und in mit Kienruss gefütterten Tiegeln zu einem manganhaltigen Chromeisen reducirt wird. Das so erhaltene Produkt hat eine schwarze Farbe und grosse Dichtigkeit; 5—25/00 davon werden dem Stahl zugesetzt je nach dem verlangten Wolframgehalt desselben.

Um für den Grossbetrieb Wolframzusätze zu machen, reducirte Le Guen Patzen aus 90/00 Wolfram und 10/00 Kalk, welche mit Theer bündig gemacht worden waren, in einem gewöhnlichen Cupolofen und liess das entstandene Ferrowolfram flüssig in den Stahlfabrikationsapparat, sei es die Bessemer-Birne, sei es der Martin-Ofen, laufen, wenn die eigentliche Fabrikation des Stahls beendet war.

Derselbe Le Guen hat eine wolframhaltige Legirung auch dadurch erhalten, dass er gewöhnliches Roheisen in einer Mischung mit Wolframerz und Holzkohle schmolz. Bezüglich der Wirkung des Wolframzusatzes hat derselbe Experimentator auch beobachtet, dass Wolfram im Allgemeinen die Härte des Metalls steigert und bis zu einem gewissen Grade auch dessen Zähigkeit. Ueber einen bestimmten Gehalt hinaus ändert sich das Verhältniss und die Zähigkeit und Festigkeit nehmen wieder ab.

Mushet macht seinen Wolframstahl durch Zusammenschmelzen von feingeriebenem Wolfram mit Pech, Ausgiessen auf eine Steinplatte, Abkühlenlassen und Zusetzen dieses Gemisches beim Schmelzen des Gussstahls. Das Produkt, auch als Specialstahl bekannt, ist sehr hart und fest.

Diese Fabrikation ist an verschiedenen Orten, zu Buckau-Magdeburg (Wend & Co.), auf Sollingerhütte bei Uslar etc. ausgeführt worden und es wurden aus den Produkten besonders Magnete gefertigt, die auch nach dem Anlassen so hart sind, dass keine englische Feile sie angreift.

Die Eigenschaften sind überhaupt wesentlich andere als die des Gussstahls; beim Abschrecken wird der Stahl weich, bedeckt sich aber mit Sprüngen, so dass er nicht gehärtet werden kann.

Bei Rothgluth wird der Wolframstahl hämmerbar und kann leicht bearbeitet werden, doch alle Werkzeuge aus demselben müssen unter dem Hammer in eine geeignete Gestalt gebracht, überhaupt vollendet werden, da man sie nur mittelst des Schleifsteins vollenden kann und sie alle Bearbeitung durch Feilen unmöglich machen.

Trotzdem wurde ein von Müller und Kick analysirter Stahl mit

8,777	Wolfram
2,527	Mangan
0,759	Silicium
0,009	Phosphor
0,010	Schwefel
0,405	Titan

nicht gut befunden (Kick's technische Blätter 1872, 2, S. 122).

Bekannt ist noch, dass die Firma C. W. L. Biermann zu Hannover Eisenwolframlegirungen in den Handel bringt, welche 20—50 *W*, ½—6 *Mn* enthalten und welche als Zusatz zur Gussstahlfabrikation gebraucht werden.

Kohlehaltiges Eisen und sonstige Metalle.

§ 84. Zu den übrigen Metallen sind die Beziehungen des kohlehaltigen Eisens zwar mehrfach untersucht worden, doch sind dieselben, abgesehen von den gelegentlichen Anpreisungen einzelner Patentstahlfabrikanten, ohne jede Bedeutung für das Eisen- und Stahlgeschäft geblieben.

Am meisten hatte das Titan noch von sich reden gemacht, man braucht aber nur Percy's Darstellung der Titanstahlpatente Mushet's durchzulesen, um auch diese näherliegende Möglichkeit gründlich anzuzweifeln. (Vgl. Percy-Wedding's I, 1, S. 220 u. ff.)

Karsten hatte angenommen, dass Titan und Eisen sich nur sehr schwer verbänden, weil im Hochofenprocess und unter reducirenden Einflüssen sich das Titan als unabhängige Stickstoff- und Cyanverbindung neben dem Eisen abschiede, ohne dass das gleichzeitig erblasene Roheisen Spuren von Titan zeige. Diese letztere Meinung ist späterhin insofern widerlegt worden, als Rammelsberg und Riley geringe Mengen von Titan im Roheisen nachzuweisen vermochten.

Ein von Hochstetter ausgeführtes Experiment im Percy'schen Laboratorium, ergab die Unmöglichkeit, ein Gemenge von Eisenoxyd und Rutil zu titanhaltigem Eisen zu reduciren, denn in dem nach zweimaligem Schmelzen bei Weissgluth erhaltenen Regulus war keine Spur von Titan zu entdecken.

Ein von Karsten (Eisenhüttenkunde I, S. 535) untersuchter sogenannter Titanstahl enthielt ca. 1/00 Titan, doch unregelmässig vertheilt, sodass man keine Legirung, sondern nur ein Gemisch voraussetzen konnte, was auch noch durch die Eigenschaft des betreffenden Präparats bewiesen wurde, eine sehr gute Damascirung anzunehmen.

Eisen und Antimon, Eisen und Wismuth, Eisen und Quecksilber, Eisen und Molybdän, Eisen und Vanadin, Eisen und Tantal, haben zwar stellenweise eine beschränkte Neigung sich zu verbinden, besitzen aber in ihren gegenseitigen Beziehungen keinerlei Wichtigkeit für die Fabrikation kohlehaltiger Eisensorten. Nachtheilige Einflüsse von einzelnen derselben, z. B. von dem Antimon, sind leicht abzuwenden, da ein wirksamer Antimongehalt in den allgemein benutzten Eisenerzen sehr selten ist und dann auch durch Verflüchtigung in bedeutendem Maasse vertrieben wird.

Die Metalle der Erden, der alkalischen Erden und Alkalien sind ebenfalls in ihrer Beziehung zum kohlehaltigen Eisen untersucht worden, aber auch hierin sind mehr negative als positive Resultate der Untersuchungen zu verzeichnen.

Das einzige dieser Metalle, welches auch die Technik des schmiedbaren Eisens näher berührt, ist das Aluminium, das sowohl in Legirungen mit Eisen dargestellt, als auch in wichtigen Produkten der Stahlindustrie nachgewiesen worden ist.

Calvert und Johnson, H. Deville, Stodart und Faraday u. A. haben sich mit der Herstellung und der Analyse von Eisenaluminium, die letzteren sich auch mit der Untersuchung von Wootzstahl befasst, als einige ihrer früheren Untersuchungsresultate die physikalischen Qualitäten des Wootzstahls zeigten. Sie fanden auch in einigen Blöcken Wootzstahls eine entsprechende Menge Aluminium, während von anderer Seite, z. B. von Karsten, in geschmiedetem Wootzstahl keine Spur Aluminium zu finden war, sondern die Annahme laut wurde, jene Blöcke oder Kuchen von Wootzstahl hätten Schlackeneinschlüsse enthalten, die bei der Analyse Aluminium geliefert hätten.

Untersuchungen deutscher u. a. angeblicher Aluminiumstahlproben blieben hinsichtlich des Aluminiumnachweises ebenfalls resultatlos, wie aus den weitläufigen Deduktionen Percys (a. a. O., I, 1, S. 245—251) hervorgeht.

Bemerkungen
über die Vertheilung der Nebenbestandtheile im kohlehaltigen Eisen.

§ 85. Bei der in neuerer Zeit hervorgetretenen Bestrebung, im Eisen- und Stahlgeschäft die Annahme der fertigen Waare von dem Nachweis garantirter Gehalte der hauptsächlichsten fremden Bestandtheile, der sogenannten Grundstoffe, wie sie in §§ 6—43 geschildert worden sind, abhängig zu machen, ist es angemessen, auf die Vertheilung derselben in mehr oder minder grossen Fabrikationsmassen aufmerksam zu machen.

In der älteren Eisenindustrie wurde kein besonderer Werth darauf gelegt; so lange die Waare probemässig hielt, war man darüber vollkommen ruhig, ob der oder jener Grundstoff gleichmässig vertheilt oder in irgend welcher Weise ungleich vorhanden war. Dazu kam noch, dass das Auswalzen der Rohprodukte des Puddelprocesses zu flachen Stangen, deren Brechen und Untersuchen, das Paketiren von nur nahezu gleichartigen Brüchen, das nochmalige Ausschweissen und Durcheinanderkneten im Walzwerke mit und ohne Anwendung der Hämmer, die Homogenisirung in eigenthümlicher Weise begünstigt.

Mit der Einführung der Converterprocesse, sowie derjenigen anderer Processe, die das Produkt gleichfalls in heissflüssigem, leicht beweglichen Zustand liefern, wurde die Sache vollkommen anders.

Die älteren Erfahrungen bei dem Hochofenprodukt, die dabei beobachtete Concentration einzelner Grundstoffe in bestimmten, nach dem Einfluss der voranschreitenden Abkühlung geordneten Schichten und Zonen traten auch für das Converter-, Martinofen- und Tiegelprodukt, für letzteres am wenigsten, in Geltung und als der Wettbewerb, der heftige Kampf ums Dasein, die Eisenproducenten zu immer grösseren Anstrengungen, zu immer weitergehenden Angeboten in Betreff der Reinheit und Homogeneïtät getrieben hatte, musste auch die Vertheilung der Grundstoffe untersucht werden. Diese Forderung trat namentlich dann mit zwingender Gewalt auf, als einzelne Abnehmer darauf verfallen waren, die mühsamen und immer kostspieligen und umständlichen Qualitätsproben mittelst Schlag-, Stoss- und anderen mechanischen Einflüssen durch chemische Untersuchungen zu ersetzen.

Da sogar einzelne Eisenbahngesellschaften die chemische Untersuchung z. Th. neben, z. Th. an Stelle der mechanisch-technischen Proben in die Lastenhefte einführten, so war zu ermitteln, in wie weit die chemische Untersuchung von einzelnen Objekten einer Lieferung massgebend für die Beurtheilung der ganzen Lieferung sein kann.

§ 86. Nachdem nur vereinzelte Versuche, sowie eine Menge theoretischer Ansichten über die Vertheilung der Grundstoffe: *C, Si, S, P, Mn* im Flusseisen bekannt und verlautbart worden waren — bemächtigte sich ein bekannter und erfahrener englischer Flusseisenmann, Geo Snelus zu Workington der Angelegenheit und veranlasste eine Reihe von wirklich auf grösserem Maassstab beruhenden Versuchen und Analysen.

Snelus besprach 1881 vor dem Iron and Steel Institute eine Reihe von eigenen Untersuchungen, welche er zur Aufklärung einer Behauptung Stubbs', dass in den Stahlblöcken die Grundstoffe ungleich und eigenthümlich vertheilt seien, angestellt hatte.

Mischungen von Spiegeleisen mit Bessemerstahl, in welchem man ebenfalls Ungleichheiten vermuthet, waren von Snelus früher schon untersucht und soweit diese Bezeichnung für praktische Fälle überhaupt angängig ist, homogen in der chemischen Zusammensetzung befunden worden. Auf Grund dieser früheren positiven Erfahrungen sprach sich Snelus gegen jede Wanderung von Grundstoffen in den erstarrenden Stahl- und Flusseisenblöcken aus, wiederholte indess dennoch die Versuche mit einem in Formmasse erstarrten Block, nachdem vorher der Charge ein unreines, aus Schlacken erblasenes Eisen zugesetzt worden war, um den Gehalt an den bedenklicheren Grundstoffen zu steigern und nachdem eine Minute lang nach dem Spiegeleisenzusatze durchgeblasen worden war, um eine gute Mischung hervorzubringen.

Die Formmasse brachte eine so langsame Abkühlung des 19×19×84″ grossen Blockes hervor, dass dieselbe in zwei Tagen noch nicht vollkommen beendet war und es war somit den Grundstoffen jede Beweglichkeit gegönnt worden.

Aus dem Block selbst wurden nunmehr zwei Platten herausgeschnitten, eine etwa 4″ über dem Bodenende, die andere 21″ englisch unter dem Kopfende genommen, mit den beiden Parallelflächen ziemlich normal zur Axe des Blockes.

Abgesehen davon, dass das am Boden herausgeschnittene Stück dicht, das am Kopfende entnommene voller Blasen war und auch noch starkes Lunkern zeigte, ergab die Analyse beider Proben

	Kopfende	Bodenende
Gebundener Kohlenstoff(?)	0,760	0,350
Silicium	Sp.	Sp.
Schwefel	0,187	0,044
Phosphor	0,191	0,044
Mangan	0,558	0,514
Eisen	98,304	99,038
	100,000	99,990

Eine Wiederholung der Arbeiten von zwei Chemikern, Pattinson und Burrows, ergab:

	für das Kopfende		für das Bodenende	
Gebundener Kohlenstoff	0,620 *(P)*	0,660 *(B)*	0,350 *(P)*	0,370 *(B)*
Graphitischer „	0,095 „	n. b. „	0,037 „	n. b. „
Mangan	0,694 „	0,666 „	0,535 „	0,468 „
Kupfer	0,004 „	n. b. „	0,004 „	n. b. „
Silicium	0,028 „	Sp. „	0,023 „	Sp. „
Schwefel	0,129 „	0,160 „	0,049 „	0,032 „
Phosphor	0,163 „	0,142 „	0,063 „	0,053 „

Diese Untersuchungen bestätigten insgesammt die Ansichten Stubbs', dass in Blöcken von einer gewissen Dimension: 0,58 cbm oder rund 4400 Kilo die Grundstoffe wandern.

§ 87. Snelus hielt es weiterhin für angezeigt, auch die Bewegung oder Wanderung von der Axe nach aussen oder umgekehrt zu untersuchen und nahm von der Ecke der beiden Scheiben aus nach der Mitte hin 6 Proben in gleichen Abständen, die mit 1 bis 6 bezeichnet waren, sodass 1 in der Ecke des Querschnittes, 6 in der Mitte des Blockes, mit der Axe zusammenfallend entnommen worden war.

Die Untersuchung erstreckte sich nur auf Kohlenstoff (durchaus als gebunden angenommen, was eine Unvollständigkeit bedeutet) Schwefel und Phosphor und es ergab:

	die Kopfplatte			die Bodenplatte		
bei 1 (Ecke)	0,44 *C*	0,032 *S*	0,044 *P*	0,44 *C*	0,048 *S*	0,060 *P*
„ 2 „	0,54 „	0,048 „	0,060 „	0,42 „	0,058 „	0,062 „
„ 3 „	0,57 „	0,080 „	0,086 „	0,41 „	0,048 „	0,054 „
„ 4 „	0,61 „	0,096 „	0,097 „	0,40 „	0,048 „	0,048 „
„ 5 „	0,68 „	0,120 „	0,111 „	0,38 „	0,048 „	0,058 „
„ 6 (Mitte)	0,77 „	0,187 „	0,142 „	0,37 „	0,048 „	0,052 „

Hieraus folgert Snelus, dass sich die Nebenbestandtheile nach der Mitte zu gewissermaassen concentriren und dass die äusseren Metallschichten am reinsten sind. Das ist nun nicht im vollsten Maasse richtig, da bei der Untersuchung der am Boden ausgeschnittenen Platte sich keine so weitgehende Ungleichheit zeigt, wie bei der in der oberen Hälfte des Blockes entnommenen.

Um nun die etwaige Bewegung der Nebenbestandtheile, bei gewöhnlichen Blockformaten zu ermitteln, liess Snelus aus einem Blechblock von Siemens-Stahl und aus einem Bessemer-Block (in Coquille erstarrt) ähnliche Probescheiben herausschneiden und Untersuchungen anstellen.

Es ergaben:	Kopf	Boden	Kopf	Boden
	des Blechblockes		des Bessemerblockes	
Eisen	99,224	99,356	98,722	98,759
Kohlenstoff	0,210	0,190	0,420	0,420
Silicium	—	—	Sp.	Sp.
Schwefel	0,056	0,044	0,046	0,039
Phosphor	0,068	0,050	0,056	0,044
Mangan	0,342	0,360	0,755	0,738

Wenn Snelus hierzu bemerkt, dass die Unterschiede gering genug wären, um einige Chemiker zur Aussage oder Behauptung zu veranlassen, dass man es mit Beobachtungsfehlern zu thun hätte, so kann man es im praktischen Sinn zugeben, es ist aber doch merkwürdig, dass die Untersuchung der Kopfenden immer grössere Gehalte an den Nebenbestandtheilen oder den Snelus'schen Grundstoffen zeigt.

§ 88. Es stimmen diese Ergebnisse auch vollkommen zu dem Ausfall älterer gelegentlicher Roheisenuntersuchungen, welche an einzelnen der Grundstoffe einen weit höheren Gehalt in den oberen Schichten erstarrter Massen nachwiesen als in der Mitte, bezw. am Boden, während wiederum andere Stoffe umgekehrt sich zu verhalten schienen.

Fasst man alle die nachgewiesenen Gehaltsverschiebungen zusammen, so gelangt man zu der Annahme, dass in dem Gemisch von strengflüssigen, metallischen Ausscheidungen und leichtflüssigeren Verbindungen des Eisens und Mangans mit den sogenannten Grundstoffen, die ersteren am Boden und an der Wand der Coquille wohl zunächst sich absetzen oder ausscheiden werden und dass die obengenannten Verbindungen länger flüssig bleiben, also vorzugsweise nach dem Kern wandern.

Sie sind aber nicht allein flüssiger, sondern auch naturgemäss specifisch leichter als das reine Eisen und werden folgerichtig auch in den oberen Zonen des Blockes stärker auftreten als in den tieferen. Die letzteren werden deshalb überhaupt geringere Abweichungen zwischen Kern und Aussenschichten zeigen als die oberen Zonen des Blockes und im Ganzen weit homogener sein.

Von hohem Interesse ist das verschiedene Verhalten in Bezug auf Festigkeit und Dehnung, welches Snelus ebenfalls untersucht und wobei er in den aus Kopf- und Fussmaterial hergestellten Platten nachstehende Werthe fand.

Kopf — 46,64 *t* pro □″ oder pptr. 39 Kilo pro □mm und 8,8/₀₀ Dehnung,
Fuss — 33,80 *t* „ □″ „ „ 27 „ „ □mm „ 21,8/₀₀ „

Der an den Verbindungen der Grundstoffe reiche Kopf ist härter und hat eine bedeutendere Zerreissfestigkeit, aber eine sehr geringe Dehnung, im Gegensatz zum viel lockerern aber weicheren Material in dem Fusse des Blockes. Auch das Schneiden stiess im obersten Theil des letzteren und

namentlich in der Mitte auf grössere Schwierigkeiten als in der Fussgegend, wo der Widerstand ein mehr gleichmässiger war. Abermals ein Beweis für die oben und in der Mitte des Blockes durch das Vorherrschen der Verbindungen vorhandene grössere Härte!

Für die in manchen Flusseisenwerken durchgeführte Fabrikation sehr grosser Blöcke und deren nachherige Theilung zum Behuf des Auswalzens ist die Wahrnehmung von Stubbs, welche Snelus im Wesentlichen bestätigt, von Wichtigkeit und beim Verwalzen solcher grossen Blöcke können Fabrikate entstehen, die an einem Ende eine andere Zusammensetzung haben als am entgegengesetzten. Aus Wahrnehmungen, die eine gleiche Ursache haben, ziehen noch heute verschiedene Flusseisenwerke die Einzeldarstellung von Bahnschienen, der Doppel- oder Dreifachfabrikation vor. Vermuthlich sind sie bei der Benutzung kleinerer Blöcke sicherer, nur eine verschwindende Differenz in dem Gehalt der maassgebenden Nebenbestandtheile gelegentlich zu constatiren, als wenn sie Blöcke zur Herstellung von zwei- und dreifachen Schienenlängen fabricirten. Die Zulässigkeit der verschiedenen Fabrikationsmethoden wird naturgemäss immer von der Schärfe der Abnahme herrühren, d. h. von der etwaigen Combination chemischer und mechanischer Hilfsmittel bei der Abnahme.

Für Schienen solcher Bahnen, welche raschfahrende Expresszüge passiren, besonders für Streckentheile innerhalb der Bahnhöfe, wird man den für die Betriebssicherheit verantwortlichen Verwaltungen gewiss jede Garantie zugestehen; es ist nur die Frage, ob auch für minder stark beanspruchte Geleise durchaus mit gleicher Strenge zu verfahren wäre und ob nicht durch Sortirung der Schienen in zwei Klassen, dem Hader zwischen Eisenhütten und Eisenbahnen am ehesten die Spitze abgebrochen würde, zum Besten beider Theile.

§ 89. Da die Versuche von Snelus und die vielen Erfahrungen beim Metallgiessen zeigen, dass eine Homogeneïtät des Gusses von in grossen Massen erstarrtem Gusseisen, Flussstahl und Flusseisen wohl nicht angenommen werden kann, fragt es sich, ob nicht durch verschiedene Mittel dieser wünschenswerthen Homogeneïtät so nahe zu kommen ist als nur möglich.

Das einfachste Mittel, die Homogeneïtät zu befördern, wäre die Abkürzung des Abkühlungsprocesses, nicht etwa durch Abschrecken oder gewaltsame Wärmeentziehung, sondern durch möglichst verspätetes Giessen. Abschrecken, in dicken Coquillen z. B. würde nur zur Nichthomogeneïtät beitragen, da die sich momentan bildenden Rinden wahrscheinlich ganz andere Gehalte an fremden Substanzen haben dürften als der Kern.

Diese Procedur des Wartens mit dem Giessen würde sich aber beim forcirten Betrieb, z. B. der Converter kaum durchführen lassen, wenn nicht zum Guss schwerster Blöcke, wobei der grössere Zeitaufwand durch die Massigkeit der Produkte balancirt werden würde.

Da die grösseren Blöcke wiederum die ungünstigeren Verhältnisse für die Homogeneïtät an sich bieten, so ist ein Ausweg nach dieser Richtung schwer zu finden und schwerer noch einzuhalten; trotzdem ist der vorgeschlagene Weg, der sich täglich bei den difficileren Eisengiessereiprocessen bewährt, immer besser als andere Vorschläge, z. B. der Benutzung von Rührern etc.

Zur Entgasung des Gusses sind letztere auch vorgeschlagen worden und vielleicht brauchbar, doch zur Homogenisirung könnten sie nur dann beitragen, wenn sie in der Guss- oder Blockform selbst bis kurz vor der Erstarrung thätig wären, was unmöglich ist.

Noch ist einer Idee zu erwähnen, welche auf der Ausnutzung des Uebels selbst, d. h. der ungleichen Vertheilung von den Grundstoffen beruht und eine Saigerung des Flusseisens bewirken will.

Gestützt auf ältere bekannte Erfahrungen bei der Trennung von verschieden zusammengesetzten und gemischten Eisensorten schlug Wedding vor (Stahl und Eisen 1883, S. 334) durch Stehenlassen eine Verarbeitung unreineren Roheisens so zu bewirken, dass eine stufenweise Dekantirung der oberen, nach Wedding reineren Schichten zu erfolgen habe und der Rückstand (die Mutterlauge, drückt der Autor sich aus) entweder als Material zum basischen Process oder überhaupt als geringwerthiges Roheisen (zu Giessereizwecken) Verwendung fände.

Eine Oxydation soll dabei thunlichst ausgeschlossen bleiben und es soll nur die in manchen Fällen beobachtete Absonderung (Blattlheben und Scheibenreissen der alten steyerischen Hochöfen) wirksam sein. Als Beweise führt Wedding zunächst die im Fluss- und Gusseisen sich bildenden gestrickten Formen (Tannenbaumkrystalle) an, dann die im Puddelofen am Ende der Rohfrischperiode sich bildenden Krystallhäute.

Wedding übersieht dabei, dass sich eine solche Scheidung nur bei sehr grauem Roheisen, ohne starke Graphitausscheidung einigermaassen günstig gestalten dürfte, weil nur dann die relative Quantität von reinem Eisen eine hinlänglich starke Ausscheidung von Krystallrinden hervorzubringen geeignet sein dürfte.

Wirkungen der fremden Bestandtheile.

§ 90. Nachdem bei den einzelnen zur Erwähnung gelangten Grundstoffen die verschiedenen hervorstechendsten Wirkungen der Aufnahmen fremder Substanzen geschildert worden sind, ergeben sich die nachstehenden allgemein gefassten Erfahrungssätze.

Schon ein geringer Gehalt an den verschiedenen Bestandtheilen übt Einfluss auf die wichtigsten technischen Eigenschaften der schmiedbaren Eisensorten aus, doch ist dieser Einfluss wiederum verschieden, je nach der chemischen Energie der betreffenden Substanzen, unter denen in dieser Hinsicht Schwefel und Phosphor obenanstehen, während Silicium und Kohlenstoff in ihrer Wirkung zurückbleiben.

Ein Maass für die Veränderung der Haupteigenschaften, Festigkeit, Geschmeidigkeit und Schweissbarkeit des Eisens durch die einzelnen Stoffe allein und für sich ist schwer aufzustellen, da kein Fabrikat gänzlich frei von den übrigen herstellbar ist. Immer complicirt sich die Erscheinung des einen Einflusses durch eine Summe verschiedener kleinerer Einflüsse derartiger Elemente und es wird sehr schwierig sein, die Einzelerfahrungen mit einander in rechten Vergleich zu stellen.

Im Grossen und Ganzen verursacht die Aufnahme der verschiedenen Grundstoffe doch gleichartige, wenn auch nicht gleich weitgehende Aenderungen. Das reine Eisen wird härter, härtbarer, minder dehnbar bei anfänglich zunehmender Zerreissfestigkeit, die später einer grösseren Sprödigkeit Platz macht.

Bei der Behandlungsweise im Feuer bemerkt man eine Verminderung der Schweissbarkeit, ein Sinken des Schmelzpunktes und eine Neigung zu Kantenrissen etc. in Folge der verminderten Geschmeidigkeit. Verändert werden diese Wirkungen auch noch vielfach durch die verschiedene Behandlungsweise bei der Fabrikation.

Die Produkte der Schweissprocesse sind im Ganzen weicher, geschmeidiger, schweissbarer und leichter zu behandeln als die Produkte der Flussprocesse. Bei den letzteren tritt noch als hinderndes Moment die mehr oder minder starke Absorption und Ausscheidung von Gasen auf, die sich von dem Fabrikationsprocess nur durch umständliche und langweilige Behandlung würde vollkommen trennen lassen.

Dafür haben die Produkte der Flussprocesse wieder den Vortheil grösster, fast absoluter Homogeneïtät und Dichtheit, wenn sie richtig behandelt worden sind. Die Dauer der Fabrikate ist eine vergleichsweise enorme geworden, seit die Flussprocesse dieselben den Schweissprocessen fortgenommen haben und es sind die Leistungen der Flussprocesse trotz der täglich sich steigernden Anforderungen doch gar nicht mehr in Beziehung zu bringen mit dem, was früher geleistet werden konnte.

Alle Versuche, für einzelne Fabrikate wieder auf frühere Fabrikationsmethoden zurückzugreifen, haben deshalb nicht Erfolg gehabt und werden ihn nie haben, da der Weg der Grossfabrikation nicht mehr verlassen werden kann, ohne das Zugrundegehen des betreffenden Betriebes herbeizuführen.

Es handelt sich heute nur noch um das Ausmerzen einzelner Mängel, die man als gering ansehen könnte, wenn nicht der äusserst scharfe Wettbetrieb, jeden, auch den kleinsten Unterschied in Masse und Güte der Leistung entscheidend für die Bevorzugung des einen oder anderen Fabrikates machte und deshalb kein Werk heute dem Andern in irgend einer Beziehung zurückstehen wollte. Der Fortschritt der Fabrikation im Ganzen wird dadurch gefördert, wie die vorher mitgetheilten Untersuchungen deutlich beweisen; das Behagen an dem Geschäfte wird dagegen schwerlich im gleichen Maasse gesteigert.

2. Kapitel.

Theorie und Verlauf der Rennfeuerprocesse.

§ 91. Die Rennfeuerprocesse umfassen gleichzeitig die ältesten und die allerneuesten Methoden, die zur Darstellung schmiedbaren Eisens vorgeschlagen und angewendet worden sind. Sie arbeiten alle mit dem Eisenerz selbst und suchen daraus direkt schmiedbare Produkte zu machen, ein Ziel, was nur in ganz eng begrenzten Voraussetzungen hinsichtlich der Güte des Materials und in anderen den Betrieb beschränkenden Verhältnissen erreichbar ist.

In diesen Beschränkungen liegt gleichzeitig die Ursache des Eingehens der älteren unter diesen Fabrikationsmethoden und der Grund, warum die neuen Processe dieser Art keinen Boden finden konnten und können.

Die Betrachtung derselben hat deshalb nur historischen und theoretischen Werth, obwohl noch in allerjüngster Zeit wieder Anstrengungen gemacht werden, für bestimmte Verhältnisse ähnliche Methoden zu reconstruiren, allerdings ohne grosse Aussicht auf Erfolg.

Für den hier vorliegenden Zweck ist umsomehr von einer detaillirten Behandlung abzusehen als die eben erforderlichen Anlagen die meisten Elemente aus anderen Betriebszweigen unter geringer Modification entliehen haben und die wenigen Originale unter den betreffenden Constructionen sich selten zu längerer Dauer aufschwingen konnten.

Die Grundzüge des Verfahrens lassen sich am ehesten aus den ältesten Processen erkennen, soweit daran sichere Relationen erhalten sind und die meisten der neueren Rennfeuerprocesse ergeben nur vereinzelt wesentliche Aufschlüsse über die in Betracht kommenden Einzelreaktionen der Arbeiten.

Unter den letzteren, den neueren Processen, sind eine Menge von patentirten Erfindungen, welche eine kürzere oder längere Existenz gehabt haben, nie aber sich in fortdauernder Concurrenz gegen den Grossbetrieb behaupten konnten. Einzelne dieser Patente bieten zwar interessante Construktionen mit zum Theil glücklichen, wenigstens originellen Lösungen verwickelter Aufgaben, doch wird auch dieser Vortheil beeinträchtigt durch die industrielle Unmöglichkeit, die Processe dauernd zu betreiben.

Die Grundzüge selbst zu schildern, wird hier nicht allzuviel Raum einnehmen; betreffs weiterer Ausführung wird namentlich auf die sehr vollständige Darstellung in Percy-Wedding's Eisenhüttenkunde verwiesen, wo sich in der 1. Abtheilung, S. 487—609 eine Schilderung der älteren Rennfeuerprocesse findet, während a. a. O. der folgenden Bände auf die neueren Versuche eingegangen wird. Auch die sonstigen Lehrbücher behandeln den Process, wenn auch weniger ausführlich, so doch ausreichend, dass darauf des Weiteren verwiesen werden kann.

Hier soll hauptsächlich nachgewiesen werden, warum Erfolge von den betreffenden Methoden gegenüber den jetzigen Verhältnissen der Grosseisenindustrie nicht zu erhoffen sind, wobei die Möglichkeit gelegentlicher Ausnahmen immer zugegeben werden kann, ohne die Richtigkeit der aufgestellten Sätze zu berühren.

Es würden zunächst die älteren, dann die neueren Processe zur Besprechung kommen.

A. Die alten Rennfeuerprocesse.

§ 92. Die älteren Rennfeuerprocesse, einem durchaus unentwickelten Stadium der Eisenindustrie zugehörig, finden sich natürlich nur da, wo dieses unentwickelte, leistungsunfähige Stadium in der Lage ist, noch weiterzubestehen. Wo die Anwendung des Eisens zugenommen hat und wo allmälig der grosse Maassstab an die Stelle bescheidenen Umfangs der technischen Bedürfnisse getreten, ist die Existenz unvollkommener Processe gefährdet und sie verschwinden nach und nach von selber.

Während in dem Alterthum und während des Mittelalters, vielleicht hinaufreichend in prähistorische Zeiten, der Eisenverbrauch ein relativ geringer war, das Eisen sogar vielfach als Ziermetall angesehen wurde, konnte eine Bearbeitung der vorhandenen Naturschätze in so kleinem Umfang, wie sie das Rennverfahren gestattet, ausreichen, den Bedarf zu decken. Das änderte sich allmälig, besonders aber mit der Erfindung der Dampfmaschinen und später mit der Erleichterung aller Verkehrsverhältnisse durch die weitere Erfindung der Locomotive.

Indessen wichen die Rennfeuerprocesse anfänglich nur in entlegene Winkel der civilisirteren Länder zurück und haben dort noch längere Zeit ein kümmerliches Dasein gefristet.

In den anderen Welttheilen, namentlich in Asien und Afrika bestehen diese kleinen Betriebe zum Theil noch, werden aber auch in näherer oder fernerer Zeit dem Import aus den Fabrikationsbezirken unterliegen müssen. Glücklicherweise für die gründliche Kenntniss derselben, haben die Processe noch so lange existirt, dass man mit Hülfe moderner physikalischer und chemischer Erkenntniss im Stande war, den Gang und die Verhältnisse dieser alten Arbeitsmethoden zu studiren.

So entstanden die beiden Monographien von Richard und von Francois (Paris 1838 und 1843) über die catalonischen Feuer, welche hauptsächlich als Grundlage für die Schilderung der Rennarbeiten älteren Styls benutzt wurden und auch hier benutzt werden sollen.

Die ähnlichen Betriebe der italienischen Alpen, in den Thälern der Umgegend von Bergamo und Brescia sind nicht der Gegenstand specieller Studien geworden, ebensowenig die sonstigen noch in jener Zeit vorhandenen Rennarbeiten an anderen Orten.

§ 93. Bei der heutigen Kenntniss von den chemischen und physikalischen Beziehungen des Eisens kann man sich fast a priori die Bedingungen construiren, unter denen der Rennfeuerprocess arbeiten musste, um vollkommen zu sein und kann durch Vergleich dieses Ideals mit der Wirklichkeit sofort erkennen, welche Schwierigkeiten sich der allgemeinen Benutzung eines solchen Processes und namentlich der Uebertragung grösseren Maassstabes entgegenstellen.

Der Rennfeuerprocess ist anzusehen als ein Reduktionsprocess, bei welchem der sich bildende Eisenschwamm möglichst unmittelbar nach seiner Entstehung durch Aneinanderschweissen oder, wenn man will, Aneinandersintern der etwaigen Kohlung entzogen werden muss, ganz abgesehen von der Verhinderung der Aufnahme von Silicium, Phosphor und anderen Grundstoffen der gewöhnlichen Fabrikate.

Dieses Resultat wird um so leichter erreicht, je grösser die Reduktibilität des Erzes ist und je weniger die spätere Schweissung und Agglomerirung gesteigert wird durch schlackenbildende Substanzen.

Die nächste Folgerung hieraus, ist das Vorhandensein eines sehr reinen und sehr reducirbaren Erzes und es wird die Richtigkeit dieser Folgerung wirklich durch die Erfahrung bestätigt, dass der Rennfeuerbetrieb sich dort am meisten angesiedelt und am längsten erhalten hat, wo reiche und leichtreducirbare Erze in Menge vorkommen.

Ueberfliegt man die im I. Bande gegebenen technischen Classificationsreihen der Eisenerze, so findet man als leicht reducirbare Erze die reinen und milden Braun- und Rotheisensteine. Das eminent leicht reducirbare purple ore, ein fast reines, durch Röst- und Laugeprocesse gelockertes Eisenoxyd kann hier nicht in Betracht kommen, da es als ein künstliches Produkt grosser Industriecentren für die der Rennfeuerprocesse nicht existirt.

Die allerreduktibelsten Erze sind hiernach die Brauneisensteine und diese Brauneisensteine sind nachweislich das Hauptmaterial der Rennfeuerprocesse gewesen, wofür zahlreiche Beweise beigebracht werden könnten.

Unter den zahlreichen Varietäten der Brauneisensteine sind wiederum diejenigen bevorzugt worden, welche nicht zerreiblich oder mulmig waren, sondern in Stücken vorkamen und welche im Zustand vollkommenster Reduktion diese Stückform beibehalten und nur die Farbe geändert hatten.

Die Gründe der leichten Reduktibilität der Brauneisensteine sind bereits im I. Bande, S. 151, § 329, Zeile 6 v. u. angeführt und könnten hier nur wiederholt werden.

§ 94. Ausser den Brauneisensteinen sind vermuthlich auch noch andere Erze anwendbar erschienen; ob dieselben indess auch wirklich angewandt worden sind, besonders dauernd, dürfte schwer zu entscheiden sein. Nach den beiden citirten französischen Autoren scheint es beinahe, als ob die Verwendbarkeit der verschiedensten Eisensorten eine ziemlich unbegrenzte sei, sobald nur ein gewisser Eisengehalt (als Maassstab für die Reinheit des Erzes) als vorhanden sich nachweisen lasse. Ohne Weiteres ist das wohl nicht zu unterschreiben, da die eventuell nothwendigen Vorbereitungsarbeiten für solche Erze, die andere Eisenverbindungen enthalten, als das blosse Eisenoxydhydrat, oder welche so mit harten dichten Nebenbestandtheilen durchwachsen sind, dass sie den Reduktionsgasen einen gewissen Widerstand leisten, doch stets ihre erheblichen ökonomischen Nachtheile haben.

Es ist hierbei noch besonders zu bemerken, dass derartige Vorbereitungsarbeiten sehr häufig die weitgehende Zerbröckelung des Erzes veranlassen und dadurch die Zustände schaffen, welche der Vornahme des Reduktionsprocesses nicht günstig sind. Andrerseits bringen schärfere Röstungen leicht oberflächliche Sinterungen hervor und machen dadurch die Erze nicht leichter reducirbar, sondern schliessen im Gegentheil die Poren.

Aus allem geht hervor, dass, was sich auch bei neuen Versuchen mit Rennprocessen herausgestellt hat, die wirklich geeigneten, d. h. den besten Erfolg fast sicher verbürgenden Erzsorten wenig zahlreich sind und durchweg aus den allerbesten Qualitäten der betreffenden Klassen entnommen werden müssen.

Natürliche Umwandlungen aus Spateisensteinen, sowohl Roth- als Brauneisensteinen von weicher und reiner Beschaffenheit sind von jeher das bevorzugte Material gewesen und ist man in solchen Bezirken erst später zum Hochofen übergegangen, der in anderen darin minder günstig situirten Gegenden bereits längst zur Roheisendarstellung benutzt worden war.

Diese Exclusivität der Rennarbeit bezüglich der Erzqualität besteht noch heute, und die schon genannten neuen Versuche haben nur mit weichen und reinen, also durchschnittlich theueren Erzen Resultate von einigem Belang gegeben. Sowie das übrige Hochofenmaterial in Betracht kam, hörten die guten Resultate auf und man sah ein, dass eine Concurrenz des direkten mit dem indirekten Wege aussichtslos sein würde — auch wenn ganz exceptionelle Verhältnisse zum Versuch geführt hatten.

§ 95. Die Reduktion erfolgt durch einen Aufenthalt des Erzes innerhalb einer Kohlenoxydatmosphäre ganz analog, wie im Hochofenschachte. Das Produkt der Reduktion ist ein möglichst compakter Eisenschwamm, der nun so schnell wie möglich in Schweisshitze versetzt und agglomerirt werden muss. Eine geeignete Atmosphäre, welche namentlich eine bedeutende Kohlung verhindern kann, wird lediglich durch eine mit Luftüberschuss gespeiste heftige Verbrennung der Holzkohle hervorgerufen. Deshalb muss sich an die Reduktionszone des Rennfeuers möglichst unvermittelt eine heftigwirkende Verbrennungs- und Oxydationszone anschliessen, in welcher auch jede etwa schon begonnene Kohlung durch den Einfluss sauerstoffreicher Gase und Metalloxyde wieder aufgehoben und neutralisirt werden kann.

Das Kunststück, diese beiden gewissermaassen entgegengesetzt wirkenden Reaktionen mit einander räumlich, wie auch dinglich zu verbinden, wird stets erleichtert durch einen möglichst hohen Grad der Reduktibilität und der Reinheit des Erzes.

Im Bau und Führung der betreffenden Apparate kann man nicht viel thun; das einzige, was allenfalls einigen Einfluss haben könnte, ist die Richtung des einzublasenden Windes in den Apparat, welche Richtung die oxydirende Wirkung des Luftsauerstoffs bis zu einem gewissen Grade beeinflusst.

Beide Zonen, eine solche Reduktionszone und eine Schweisszone lassen sich am ersten in einem mit Gebläse betriebenen Herd vereinen, wenn das Feuer mit einem hohen Haufen Kohlen überschüttet bleibt und nur in der Umgebung der Lufteinmündung sich eine fast ausschliessliche Kohlensäureatmosphäre von hoher Temperatur entwickelt, welche Schweisshitze hervorbringt. Gibt man einer solchen Herdanlage eine etwas enge und hohe, hochofengestellähnliche, nach oben sich kelchartig erweiternde Gestalt und führt den Wind mit einer auf den später sich am Boden ansammelnden Eisenklotz steil gerichteten Form ein, so wird man in der Tiefe des Feuers eine heftige Schweisshitze hervorbringen, welche nach oben und nach Maassgabe der raschen Erweiterung des Herdinnern ziemlich unvermittelt in die Reduktionsatmosphäre übergeht.

Gibt man, um der Reduktion Zeit zu lassen, das Erz mehr auf den Rand des Herdes auf und schiebt es dann im geeigneten Moment in das Feuer hinein, so ist der Uebergang in völlig wünschenswerther Weise erzielt.

Man erhält dann direkt geschweisste, ausstreckbare und hämmerbare Produkte, ohne einer besonderen Operation zu bedürfen, die stets mit Aufwand an Arbeit und Anlagekosten verbunden ist. Dagegen ist die eben a priori entwickelte Bauart eines Rennfeuers, wie sie thatsächlich das catalonische Feuer darstellt, mit anderen vom Herdbetrieb nicht trennbaren Mängeln behaftet, vor allem mit einer sehr grossen Brennmaterial-Verschwendung, da die Hitze nach allen Seiten ausstrahlen kann und hier auch ausstrahlen muss, um die Zerlegung des Kohlenoxyds durch die Hitze und die Abscheidung von Kohlenstoff (wie in den Hochöfen) zu verhindern. Würde man im Interesse einer besseren Wärmeausnutzung, z. B. bei nicht schlackenfreiem Erze, um dessen Nebenbestandtheile besser zu schmelzen, das Feuer nach oben mehr zusammenziehen und dadurch im Verhältniss zum mittleren Durchmesser erhöhen, so würde sofort die Kohlung des reducirten Eisenschwammes eintreten und sich Rohstahl, schliesslich auch nahezu Roheisen, mindestens in den kohleärmeren Sorten, bilden. Diese unter manchen Verhältnissen unvermeidliche Erfahrung hat eben zu dem Entstehen der Stück- und Wolfsöfen geführt, welche als die Vorgänger der Roheisen producirenden Hochöfen angesehen zu werden pflegen.

§ 96. Als ein die Temperatur der Gase beinflussendes Moment muss noch auf die bei dem Betrieb der älteren Rennfeuerprocesse beobachtete Wirkung feuchten Windes hingewiesen werden. Derselbe, in Wassertonnengebläsen gewöhnlich hervorgebracht und von schwacher Pressung, wirkt ganz entschieden ermässigend auf die Temperatur der ganzen Reaktion ein und es ist diese Wirkung auch in all den Arbeiten über den Process geltend gemacht worden.

Das Produkt des Vorgangs musste bei normalem Verlauf ein, in, dem Erz conformen Stücken niedergehender Eisenschwamm sein, welcher in der engen Zone und vor dem Wind anlangend, rasch in Weissgluth versetzt ward und unter reichlicher Bildung einer vorwiegend aus Magnetoxyd bestehenden Schlacke zu einem bröcklichen Klumpen zusammenschweisste.

Diese starke Oxydation wird durch die ökonomischen Resultate des Verfahrens vollkommen bewiesen. Neben dem durch die Anwendung eines Herdes bedingten hohen Kohlenverbrauch hat sich immer ein starker Abbrand gezeigt. Derselbe war nicht zu vermeiden; bei manchen unreineren Erzen, die nach und nach zur Verwendung kamen, als die reinsten Sorten der Fundstellen verbraucht waren, wirkte der Abbrand schliesslich vortheilhaft ein, indem er eine etwa eingetretene Kohlung des Eisens wieder vernichtete und durch Aufnahme der Erzunreinigkeiten zur Bildung hinlänglich leichtflüssiger Schlacken beitrug.

Dieser Vortheil war allerdings nur ein relativer und konnte die Erhaltung des Rennfeuers in Concurrenz mit dem combinirten Hochofen- und Frischfeuerbetrieb nicht lange ermöglichen, abgesehen von sonstigen Uebelständen des ganzen Verfahrens.

Schliesslich erzielte man in den Rennfeuern vorwiegend eine Art von Rohstahl, ein luckiges Floss, welches, niedergehend, auf eine am Boden des Feuers liegende Schicht von Schlacken traf und durch dieselben oxydirt und in ein mehr schmiedbares Produkt übergeführt wurde.

Der Process wurde immer unbequemer, je mehr man zur Verwerthung anderer Erze schreiten musste und immer weniger gleichmässiger und in der Qualität sicher wurden seine Produkte.

Nur in ganz abgelegenen Bezirken, wo sehr reine Erze vorkamen, die Holzkohlen billig waren und keine bedeutende Nachfrage nach Eisen war, vermochte sich der Rennfeuerbetrieb bis in dieses Jahrhundert zu erhalten.

Die früher unterschiedenen Varianten desselben bieten in der Theorie keine Unterschiede, stets waren die beiden Reaktionen nothwendig:

1. Reduktion der Erze zu Eisenschwamm,
2. Vereinigen der einzelnen Eisenschwammstücke zu einer Masse, welche dann der Operation des Hämmerns und des Zertheilens und weiteren Ausschmiedens unterworfen wurde.

Nur in der Ausführung zeigten sich Unterschiede, je nach dem Verhalten der Erze und den Arbeitsgewohnheiten des Bezirks. Die Hauptschwierigkeit blieb immer, eine bei möglichst niedriger

Temperatur ausgeführte Reduktion mit einem energischen Schweissprocess praktisch zu vereinigen und mit zunehmender Ungeeignetheit der Erze, die dann nicht ganz zu vermeidende Kohlung des Eisenschwammes durch oxydirende Mittel in der Schweissperiode und noch später beim Bearbeiten wieder zu zerstören. Verlief der Process normal, so wurde das Produkt ein sehr reines und zähes, etwas hartes Eisen, das sich gut bearbeiten liess; ebenso oft kamen aber auch faulbrüchige und schlechte Produkte vor.

B. Die neuen Rennfeuerprocesse oder Rennarbeiten.

§ 97. Die Idee, bei der Erzverarbeitung den Hochofen wieder zu umgehen und trotz der mittlerweile geschehenen hohen Ausbildung des Hochofenbetriebes zum direkten Process zurückzukehren, ist auf mehrfache Quellen zurückzuführen.

Eine Hauptursache war die in vielen Bezirken Europas nach und nach bemerklicher werdende kritische Lage des Holzkohlen-Hochofenbetriebes durch Preissteigerung des Brennstoffes, während die Preise der Eisenhüttenprodukte, wenn auch nicht gleichmässig, so doch in Sprüngen und wechselnder Bewegung stetig sanken. Man sah das Ende der örtlichen Eisenindustrie vor sich und suchte durch alle möglichen Combinationen auf die Ermässigung der Betriebskosten durch Brennstoffersparniss hinzuwirken.

Man sagte sich, dass der direkte Weg im Fall des Gelingens billiger arbeiten müsse als Hochofen und Frischfeuer zusammen und dass es nur darauf ankäme, einen Modus zu finden, um eine grössere Leistungsfähigkeit zu erzielen als die des alten Rennfeuers, eine Leistungsfähigkeit, die berechtigte, mit dem Hochofen- und Frischprocess anderer, einstweilen günstiger noch gestellter Bezirke zu concurriren. Man sah ein, dass unbedingt die Arbeit getheilt und der Reduktionsprocess vom Schweiss- resp. Verarbeitungsprocess des Schmiedeeisens getrennt werden müsse, dass ferner eine bessere Ausnutzung der Wärme als bei dem Rennherd zu erstreben sei und dass endlich eine Anwendung minderwerthiger Brennstoffe stattfinden müsse.

Aber nicht allein in den Holzkohlenbezirken verfolgte man die Idee, den Hochofen zu umgehen, auch in den Steinkohlenbezirken gerieth man auf die gleichen Einfälle und glaubte durch die Combination von Reduktionsretorten und von Schweiss- resp. Puddelöfen, wenn nicht besser, so doch billiger zu arbeiten als durch Vermittelung des Hochofens.

Später fand sich noch ein anderes Motiv für das Verlassen des bisherigen Weges; man wollte auch aus Erzen mit schädlichen Beimengungen ein sehr reines Eisen darstellen, indem man der letzteren Reduktionstemperatur vermied und nachher bei dem anschliessenden Agglomerationsprocess der erzielten, mit Schlackenbestandtheilen mehr oder minder durchsetzten Eisenschwämme in oxydirender Atmosphäre arbeitete. Derartige Rücksichten spielten namentlich in dem letzten Jahrzehnt mit, welches der Erfindung und Ausbildung des basischen Converterprocesses voranging.

Während die meisten der gemachten Vorschläge auf Trennung der Reduktion und Agglomerirung basirten, traten in dem genannten Zeitabschnitte auch Methoden auf, bei deren Ausführung direkt aus der Reduktion weissglühendes schweissbares Metall abgesondert und nach Entfernung der Schlacken zu Luppen geballt werden sollte. Diese Modification gründete sich besonders auf Anwendung der vervollkommneten Gasfeuerungen und auch der verbesserten Ofenconstruktionen neuester Zeit, und hat die Technik länger und intensiv beschäftigt.

Dass trotz dem reichen Material von Vorschlägen aller Art, dauernde Erfolge nicht erzielt worden sind, liegt an der Unmöglichkeit, den gleichgrossen Maassstab wie bei der Combination von Hochofen- und Converterprocessen auch bei dem direkten Reduktionsprocess anzuwenden, ohne erheblich theuerer und unsicherer zu arbeiten, und an der steten Vervollkommnung des genannten Umweges.

§ 98. Das theoretische Fundament ist bei den neueren Rennarbeiten zweierlei Art. Die grösste Zahl der gemachten und zur Ausführung gebrachten Vorschläge basirt auf einer Ausführung der Reduktion der Erze in einem besonderen Raum und mittelst eines Gasgemisches, das entweder durch mitaufgegebenen Brennstoff erzielt wird und wesentlich der Zusammensetzung des Hochofengases entspricht, oder in besonderen Apparaten und aus verschiedenen, z. Th. unreinen und leichten Brennstoffen dargestellt wird und dann natürlich in seiner Zusammensetzung sich den Generatorgasen nähert.

Die so erhaltenen Eisenschwämme gelangten theils unmittelbar, theils nach vorgängiger Abkühlung zur blos mechanischen Behandlung in einem geeigneten Apparat; theils wurden sie in Schweisshitze versetzt und zusammengehämmert oder gewalzt etc., theils brachte man sie in Tiegeln zum Schmelzen und machte eine Art Tiegelflussstahl oder Flusseisen daraus.

Es ist von Interesse zu betonen, dass die Ungleichmässigkeit der Erze, welche bei dem Umweg der Hochofen mit der grössten Leichtigkeit überwindet, indem er die Mischung der einzelnen Reduktionsprodukte in flüssigem Zustand bewirkt, hier bei dem Eisenschwammprocess bis in die Phase der mechanischen Endarbeit hineinreicht und, sobald nicht geschmolzene Produkte erzielt werden, stets Veranlassung zu sehr ungleichmässigen Produkten ist. Abgesehen von dieser einen Seite der Ungleichmässigkeit der Erze tritt noch durch die sehr verschiedene Reduktibilität derselben eine andere Inconvenienz ein,

nämlich die Unmöglichkeit, gleichmässig reducirte Stücke zu erhalten. Es kann passiren und es ist bei der praktischen Ausführung der Processe auch stets passirt, dass während die aus Brauneisensteinen entstandenen Schwämme bereits etwas Kohlung erlitten hatten, die aus minder reducirbaren Erzen hervorgegangenen Produkte noch beträchtliche Antheile an Erzsubstanz enthielten und diese Antheile dann der Verschlackung anheimfielen. Dadurch entstand der bereits bei den alten Rennfeuern beobachtete enorme Abbrand und ein vermindertes Ausbringen an Eisen.

Auch der Faulbruch, der vielfach neben echtem Rothbruch auftrat, war eine unangenehme Folge des schlechten Resultates der Reduktionsarbeit.

Die Vorschläge, die erzielten Eisenschwämme als prima Material in Eisen- oder Stahlbäder einzuträuken und dadurch zu verwerthen, können als Lösungen der Aufgabe des direkten Weges kaum angesehen werden, da sie meistens auf der Voraussetzung vorhandenen Roheisens basirten. Es können derartige Lösungen der Frage nur Platz greifen, wenn sehr gute und sehr billige Erze isolirt liegen und wenn eine Calculation beweist, dass die Verwandlung in Schwammblöcke weniger kostet, als der Transport des Erzsauerstoffs und der Schlackenbestandtheile nach dem nächsten Mineral-Kohlenbezirk. Danach würde allerdings ad absurdum bewiesen sein, dass der Schwammprocess umsomehr Chancen hätte, je mehr in dem Erze andere Bestandtheile als Eisen vorhanden seien. Dem steht leider, nach wiederholt Gesagtem die technische Unausführbarkeit des direkten Processes bei armen und unreinen Erzen entgegen und man sieht daraus leicht, dass man sich in der Zwangslage befindet, zwischen einem Frachtkostenbetrag oder einem von vielerlei Rücksichten beherrschten Process wählen zu müssen.

Bei den jetzigen Eisenpreisen wird es meistens besser sein, die Erze ruhig liegen zu lassen wo sie liegen, besonders da doch mehr Eisen gemacht, als gebraucht werden kann.

§ 99. Das zweite theoretische Fundament im Bereich der neuen Rennarbeiten ist die von William Siemens entdeckte Fällung metallischen Eisens aus geschmolzenen Erzen durch eingemengten festen Kohlenstoff unter der Voraussetzung der Bildung leichtflüssiger Schlacken.

William Siemens hatte sich schon vielfach mit der direkten Erzverarbeitung auf Stahl- und Flusseisen beschäftigt, aber ebenfalls eine Trennung des Reduktions- und des Schmelzprocesses bei seinen ersten Apparaten durchgeführt, die aus anfänglich festen, dann beweglichen Retorten und einem daran geschlossenen Martin- oder anderen Schmelz- oder Schweissapparat bestanden.

Bei dem versuchsweisen Betrieb dieser Apparate erfuhr Siemens dieselben Hindernisse oder Widerstände, welche die früheren Rennversuche aufgehalten hatten: starke Abbrände (bei armen Erzen durch die Sättigung der erdigen Bestandtheile zu einer dünnflüssigen Schlacke; bei reichen Erzen durch die unvermeidliche äusserliche Oxydation des Eisenschwammes veranlasst) und Materialverluste neben geringer Produktion.

Dieses Misslingen führte Siemens zu einer ganz anderen Methode, welche von vornherein die Einsätze flüssig machte und daraus alsdann die Abscheidung des überflüssigen Eisens versuchte, durch Einbringen des Reduktionsmittels in fester Gestalt.

Das Eisenerz wurde ohne Reduktion flüssig eingeschmolzen, und daraus eine sehr eisenreiche, dünnflüssige Schlacke gebildet, welcher alsdann Kohlenpulver zugesetzt und eingerührt wird. Das Eisen scheidet sich aus und lässt sich von den zurückbleibenden Schlacken ganz gut trennen, wenn letztere dünnflüssig bleiben. Diese Bedingung wurde durch Hervorbringung einer sehr hohen Temperatur mittelst Gasfeuerung realisirt, gleichzeitig aber durch Vorsicht beim Kohlenzusatz, wie auch durch die Gegenwart überschüssiger Eisenoxyde in der Schlackenmasse, eine Kohlung des ausgeschiedenen Eisens vermieden. Da stets die zurückbleibende Schlacke eisenreich blieb, so war die Kohlung mit Sicherheit ausgeschlossen, denn das Zukunftsbild, was viele beim Bekanntwerden des neuen Verfahrens aufstellten, hat sich nie realisirt und man hat stets viel weniger Eisen gewonnen als in dem Erzsatz enthalten war.

Bei unreinen Erzen wuchs der Verlust proportional dem Kieselsäuregehalt und man konnte a priori schon aus der Analyse eines Erzes berechnen, wie viel Eisen verschlackt, wie viel übrig bleiben musste. Ein Austreiben des Eisens aus der Schlacke durch Kalk oder Magnesia etc., wie bei dem Hochofenprocess, erschien unthunlich und unmöglich; auch wäre alsdann der calorische Effekt des Processes bedenklich geworden und es ist noch zweifelhaft, ob die Sache gelungen wäre.

Was die Reaktion selbst anlangt, so entstand beim Einrühren der Kohle in das geschmolzene Erz oder beim Ueberlaufenlassen der Kohle durch das flüssige Erz stets ein heftiges Schäumen und ein sofortiges Ausscheiden des metallischen, weissglühenden Eisens unter der Schlackendecke. Nach vollständiger Ueberhitzung der Schlacke und Abstechen konnte in irgend einer Weise das Eisen zu Luppen vereint und einer weiteren Verarbeitung übergeben werden.

Bemerkt muss noch werden, dass sich schwerverbrennliche Kohle, z. B. magere Kohle oder Anthracite, auch Cokespulver, besser zu der Procedur des Präcipitirens eigneten als leichtere, rascher brennende Stoffe, z. B. Braunkohlen.

Später ist man wiederholt auf dieselbe Methode zurückgekommen, ohne jedoch dauernde Erfolge zu erzielen.

Auch die anderen Rennarbeiten, mit Theilung der ganzen Manipulation in Reduktion und Verarbeitung, haben neuere Vertreter gefunden, von denen bei Besprechung der Apparate die Rede sein wird; denn obschon direkte commerciell verwerthbare Resultate nicht vorliegen, so bieten doch die vorgeschlagenen Apparate manches Interessante in Princip und Ausführung.

3. Kapitel.

Theorie und Verlauf der Frischprocesse.

§ 100. Als die Rennfeuer grösstentheils in Stück- und Wolfsöfen übergegangen waren und die Produkte nicht schmiedbar sich zeigten, wurde gefunden, dass ein Ausheizen, mehr noch ein Schmelzen vor dem Wind eines mehr oder minder flachen Herdes den Brocken des aus jenen Oefen ausgebrochenen „Wolfes“ oder Eisenklumpen ihre Geschmeidigkeit wiedergab. Je mehr das Eisen des Ofens, Kohle und andere Nebenstoffe aufgenommen, um so länger dauerte diese anzuschliessende Herdarbeit, bezw. um so öfter musste sie wiederholt werden. Man bezeichnete sehr bald diese Procedur mit dem Namen des Frischens, der Frischerei und nannte die Oefen Frischherde, Frischfeuer, obwohl sie daneben noch eine grosse Zahl von lokalen Benennungen besassen, welche heute grösstentheils verschwunden und nahezu vergessen sind.

In der Eisenhüttenkunde nannte man später nicht allein die im Herd ausgeführten Oxydationsprocesse des Roheisens Frischprocesse, sondern dehnte diese Bezeichnung überhaupt auf alle Oxydationsprocesse des Roheisens aus, wie sie nach einander erfunden und ausgebildet wurden.

Ausser der Herdfrischerei, die fast ausschliesslich mit Holzkohlen, und nur ausnahmsweise mit Cokes betrieben wurde und noch wird, unterschied man die Flammofenfrischerei, (den aus England stammenden Puddelprocess) und noch später gesellte sich hierzu das Luft- und Windfrischen in dem Converter, der Bessemerprocess, obschon auch die beiden anderen Arbeitsmethoden ohne Luft oder Wind nicht ausführbar sind.

Alle diese Processe, vom ältesten, umständlichsten und primitivsten an bis zu den neueren mit allen Hilfsmitteln vorgeschrittener Technik ausgerüsteten Verfahrungsweisen herab, haben eine gemeinschaftliche Grundlage: die Reaktion sauerstoff- und eisenreicher Schlacken auf die Nebenbestandtheile des Roheisen.

Dieser Vorgang wird bei allen den Processen in verschiedener Weise eingeleitet, bald durch Schmelzen des Roheisens vor dem Wind einer Düse oder Form, bald durch Schmelzen und Bewegen des Roheisens unter dem Einfluss eines sauerstoffreichen und hocherhitzten Gasstroms, endlich durch Einblasen von Luftströmen in grössere Massen geschmolzenen Roheisens.

Die Reihe der einzelnen Reaktionen ist wesentlich dieselbe; dennoch finden einzelne, durch Einflüsse der Disposition des Processes, der Apparate selbst hervorgerufene Modificationen statt, welche sich eingebürgert und erhalten haben, weil man in Folge derselben diverse Einwirkungen auf das Endprodukt zu constatiren vermochte. Ohne dergleichen vortheilhafte Wirkungen würde man gar nicht den Nutzen solcher Abweichungen haben einsehen können, bei Processen, die im Grunde das gleiche oder ähnliche Material benutzen und auf das gleiche oder ähnliche Produkt hinarbeiten.

Das zu Besprechende zerfällt in folgende Theile:

A. Allgemeine Theorie der Frischprocesse.
B. Verlauf der Herdfrischprocesse.
C. Verlauf der Flammofenfrischprocesse.
D. Verlauf der Windfrisch- oder Converterprocesse.
E. Verlauf anderer Frischprocesse.

A. Allgemeine Theorie der Frischprocesse.

§ 101. Setzt man das Roheisen in hoher Temperatur der Einwirkung des Sauerstoffs (gewöhnlich des Luftsauerstoffs) aus, so oxydirt sich zunächst eine gewisse Menge Eisen zu Magnetoxyd, und befördert man die Einwirkung dieses Magnetoxyds auf das übrige Roheisen, so beginnt ein Oxydationsprocess der Nebenbestandtheile und auch noch des Roheisens, welcher meist in derselben gewissen Weise verläuft, wenn auch einige Modificationen möglich sind.

Das Endresultat dieses Oxydationsprocesses ist stets ein schmiedbares Produkt von um so besseren Eigenschaften, je vollkommener die Nebenbestandtheile, besonders die im 1. Kapitel als schädlich bezeichneten und in ihrem schlimmen Verhalten auch deutlich nachgewiesenen Stoffe entfernt worden sind.

Verlauf und Dauer des Frischprocesses richten sich nach dem vorhandenen Material und nach dem gewünschten Produkt; die Dauer des Processes ist im Allgemeinen, Alles andere als gleich vorausgesetzt, proportional dem Gesammtquantum der zu entfernenden Substanzen, sodass unreinere, mit einem grösseren Gehalt fremder Substanzen beladene Roheisensorten längere Zeit beim Frischen in Anspruch nehmen als reinere.

Ein Hinderniss des raschen Frischens bilden die selbständigen Ausscheidungen der Nebenstoffe, besonders die Ausscheidung des Kohlenstoffs als Graphit; die Erfahrung lehrt, dass graues Roheisen immer längere Zeit frischt als weisses, gleiche Umstände natürlich vorausgesetzt.

Die Reihenfolge, in welcher die fremden Substanzen oxydiren, ist im Allgemeinen bei allen Frischprocessen dieselbe, doch zeigen sich je nach der Anfangstemperatur, dem Grad der Wärmeentwickelung der Methode, sowie je nach der relativen Menge der Nebenbestandtheile verschiedene Veränderungen in der Reihenfolge, die zwar nicht zu einem gänzlichen Umkehren oder Umstossen derselben führen können, wohl aber sie zu verwirren vermögen, indem anstatt einer ruhigen Ablösung einer Substanz durch die andere, ein Nebeneinandergehen einzelner Oxydationsphasen auftritt.

Den grössten Einfluss hierbei haben die bei einzelnen Frischprocessen, dem eigentlichen Oxydiren vorangehenden getrennten Schmelzprocesse, welche nicht in dem Frischapparat selber, sondern in ganz anders construirten und anders arbeitenden Oefen vor sich gehen, bezw. ausgeführt werden.

Dieselben gestatten durch Steigerung oder Mässigung der Temperatur des geschmolzenen Roheisens das Einhalten einer nach Belieben verschiedenen Anfangstemperatur des Processes selbst, während die anderen älteren Frischprocesse vorwiegend das Schmelzen der Einsätze selbst bewirken, in dem zum Frischen bestimmten Apparat und unter ähnlichen wie die zum Frischen erforderlichen Bedingungen, d. h. bei Vorhandensein einer wesentlich oxydirenden Atmosphäre, sodass schon beim Einschmelzen sich die Wirkungen der begonnenen Oxydation bemerklich machen.

§ 102. Die beim Beginn der Oxydation des Roheisens in höherer Temperatur sich bildenden Produkte bestehen zunächst nur aus Magnetoxyd, Fe_3O_4, dem gewöhnlichen Oxydationsprodukt des Roheisens in Glühhitze.

Dieses Magnetoxyd, indem es in inniger Berührung mit dem, gleichviel wie, schmelzenden Roheisen bleibt, wirkt weiter oxydirend und gibt zunächst zur Oxydation des im Roheisen vorhandenen Siliciums Veranlassung, indem ein flüssiges Eisenoxydulsilikat von der Form Fe_2SiO_4 gebildet wird, in welchem nun das Magnetoxyd, das sich durch weitere Oxydation von Eisen bildet, in variabler Menge gelöst, gedacht werden muss. An der Oxydation des Siliciums ist ausser der Einwirkung des im Magnetoxyd vorhandenen Sauerstoffs die prädisponirende Verwandtschaft der Kieselsäure zum Eisenoxydul Schuld; mindestens ist diese Voraussetzung noch heute die plausibelste Erklärung für die so leicht eintretende und fortgesetzte Oxydation des Siliciums bei den Frischprocessen.

Schon das langsame Einschmelzen des Roheisens in oxydirender Flamme bringt eine bedeutende, ja in einzelnen Fällen fast vollständige Oxydation des Siliciums zu Wege, ohne dass eine besonders hohe Temperatur anfänglich zu herrschen brauchte. Die Oxydation selber steigert allerdings die Temperatur sehr bald und sowohl Metallbad als Schlacke werden Träger der beim Verbrennen des Siliciums freigewordenen Wärme, von welcher auch ein Theil auf die den Process einschliessenden Ofenconstruktionen naturgemäss übergeht.

Man hat diese in ihrer Wärmeproduktion so sehr wirksame Verbrennung innerhalb des Metalls mit einem Kunstausdruck belegt, der von Samson Jordan herrührt: Intermoleculare Verbrennung (combustion intermoléculaire).

Die Folgen der Siliciumverbrennung charakterisiren sich, abgesehen von dieser Wärmeproduktion, welche unter Umständen gross genug ist, um das Bad flüssig zu erhalten und noch die Oxydationsluft zur Badtemperatur zu erhitzen, dadurch, dass aller vorher ausgeschieden gewesene Kohlenstoff in Lösung oder Verbindung geht und dass Proben des „Satzes“ oder „Bades“ eine auf dem Bruch weisse Farbe zeigen, das verwendete Eisen mag vorher so grau als möglich gewesen sein.

Da sich diese Entsilicirung des Roheisens stetig abwickelt und vollendet, hat man dieselbe in früherer Zeit auch als besonderen Process behandelt und ist auch neuerdings wieder zu der Idee zurückgekehrt, ihn vom Rest der Frischoperation zu trennen — allerdings nur versuchsweise.

Das Produkt der Entkieselung ist ein Produkt, in welchem der Kohlenstoff fast vollständig in den Zustand des gebundenen Bestandtheils übergegangen ist, abgesehen von einigen anderen Veränderungen, und es würde dieses Produkt, welches noch den ganzen Kohlenstoffgehalt des ursprünglichen Materials, aber auf eine durch den Abbrand verminderte Masse Eisen vertheilt, also relativ mehr (wie es die Analysen auch angeben) enthält, einem in der Zusammensetzung entsprechend weissen Eisen ähnlich sein, wenn nicht ein Bestandtheil theilweise fehlte, der meist in solchen weissen Eisensorten nachweisbar ist, oft sogar als Bedingung für die Bildung der weissen Eisensorten aufgestellt wurde, das Mangan.

Was aus diesem Bestandtheil bei der Oxydation des Roheisens wird, erhellt aus den nachstehenden Bemerkungen und Folgerungen.

§ 103. Wird ein gleichzeitig mangan- und siliciumhaltiges Eisen dem Frischprocess ausgesetzt, so oxydirt das Mangan nicht allein mit dem Eisen gleichzeitig, sondern auch mit dem Silicium.

Untersuchungen derjenigen Frischprocesse, bei denen die Einschmelzung des Eisens im Apparat des Frischprocesses selber stattfindet, namentlich des Puddelprocesses, haben ergeben, dass unter den gewöhnlichen Verhältnissen das Mangan als leichter oxydirbar dem Eisen in der Verschlackung vorangeht, mindestens neben demselben von Anfang an und in solchem Maass oxydirt, dass nahezu gleichzeitig mit dem Silicium der grösste Theil des Mangans aus dem Metallbad verschwunden ist.

Es ergeben sich daraus für die Natur und für die Wirkung der Schlacken folgende Beziehungen. Die Anfangsschlacken sind Gemenge von Mangan- und Eisensilikaten, welche auf den Fortgang des Processes verschieden einwirken, je nachdem das gegenseitige Verhältniss der beiden Silikate ist. Man hat constatirt, dass bei stark manganhaltigen Rohschlacken die Neigung derselben, neugebildete Oxydoxydule aufzunehmen, geringer ist, und hat dies einer geringeren Löslichkeit des Eisenoxyduloxyds in dem Mangansilikat zugeschrieben, während dasselbe in dem Eisensilikat leichter löslich sein sollte.

Aus der bei dem Vorfrischen verschiedener Roheisensorten mit sehr wechselndem Mangangehalt beobachteten wechselnden Geschwindigkeit der Oxydation unter gleicher Einwirkung der Luft, resp. der Feuergase, sowie aus den direkt gewonnenen Resultaten der Schlackenuntersuchungen vermochte man den Satz abzuleiten, dass die Gegenwart des Mangans in der Schlacke die Aufnahme von Magnetoxyden **nicht** begünstige und dass in Folge dessen auch die oxydirende Wirkung der Schlacke eine geringere, die Dauer der Oxydation dagegen eine grössere sei.

Dieser von neueren Forschern, unter denen Karl List in Hagen wohl in erster Reihe zu nennen ist, aufgestellte Satz, der nur unwesentliche Modificationen erfährt, wenn ganz besondere Umstände Platz greifen, bestätigt die uralte Erfahrung, dass eine etwa wünschenswerthe Verzögerung der Frischprocesse am sichersten durch einen hinlänglichen Mangangehalt des Roheisens bewirkt wird, weil dann die Schlacken nicht so energisch zu oxydiren vermögen.

Alle Stahlfrischprocesse oder sogar alle diejenigen, welche ein nicht vollkommen entkohltes Eisen zu fabriciren haben, werden vortheilhaft nur mit solchen Eisensorten ausgeführt oder mit solchen Mischsätzen, welche reich an Mangan sind.

Es können auch andere Verhältnisse, eine starke Graphitausscheidung, ein sehr hoher Kohlegehalt überhaupt, in gleichem Sinne wirken; am geeignetsten, den Frischprocess aufzuhalten, ist immer ein hoher Mangangehalt des Rohmaterials, sei dasselbe eine Roheisensorte oder ein Gemisch aus verschiedenen entsprechend zusammengestellten Marken.

Es ist unnöthig hier noch besonders hervorzuheben, dass die Alten alle hochmanganhaltigen Roheisensorten als Rohstahleisen zusammenfassten, auf Grund empirischen Wissens und ohne den inneren Zusammenhang, d. h. die Einflüsse des Mangans nur zu vermuthen.

Beim Stahlfrischprocess wird noch besonders darauf zurückzukommen sein.

§ 104. Die Oxydation des Kohlenstoffs beginnt erst dann, wenn eine hinlänglich hohe Temperatur vorhanden ist, um die Kohleeisenverbindung zu dissociiren und eine Wirkung des Luftsauerstoffs auf den Kohlegehalt durch Vermittelung der vorgängigen Magnetoxydbildung zu ermöglichen.

Bei der oxydirenden Schmelzung der gewöhnlichen älteren Frischprocesse, wo schon beim verändern des Aggregatzustandes eine Oxydation stattfindet, die Einschmelzung oft sehr langsam geschieht und von vornherein eine Wirkung oxydirender Mittel (Gaarschlacken des früheren Processes, Erzfutter etc.) vorgesehen ist, schliesst sich die Oxydation des Kohlenstoffs an die nahezu vollendete Oxydation des Siliciums an. Warum die Proben, welche vielfach von dem Verlauf des Puddelofenbetriebes genommen worden sind und zur Aufstellung bestimmter Diagramme des Verlaufs (S. unter C. und D.) gedient haben, jedesmal den Beginn der Kohlenstoffoxydation als am Ende der Siliciumoxydation eintretend andeuten — warum nicht mit Verminderung der Siliciumoxydation eine langsam steigende Oxydation des Kohlenstoffs eintritt — diese Fragen lassen sich nur dahin beantworten, dass eben die Oxydation des Kohlenstoffs eine gewisse Wärmemenge und eine daraus resultirende hohe Temperatur verlangt. Die Wärmemenge wird wohl einer Summe aus der durch Rankine und Bethke ermittelten Verdampfungswärme des festen Kohlenstoffs und der Zersetzungswärme des Kohleeisens entsprechen, sich aber kaum berechnen lassen. Jene allein gibt schon unter der Voraussetzung, dass $5/_{00}$ Kohlenstoff im Eisen sind und dass die Wärmecapacität des Metallbades 0,12 ist, die Gleichung

$$t = \frac{3134}{0,12} \times \frac{5}{100} \text{ oder } 1306^0$$

für die zum Beginn der Kohlenstoffoxydation erforderliche Temperatur des Bades, da 3144 c die Verdampfungswärme des Kohlenstoffs ist.

Es ist das, ungerechnet die eventuelle Zersetzungswärme des Kohleeisens und Kohlemangans schon eine die Roheiseneinschmelzung überschreitende Temperatur, welche erst eintritt, wenn die intermoleculare Verbrennung einen gewissen Grad erreicht hat.

Wenn man diese Ansicht festhält, wird es auch leicht, einzusehen, warum bei Frischprocessen mit separater nicht speciell oxydirender Schmelzung der Einsätze die verschiedenen dem geschmolzenen Metall gegebenen Temperaturen einen verschiedenen Verlauf der Frischprocesse bedingen und warum z. B. man es in der Hand hat, durch heisseres oder kühleres Einschmelzen die Reihe der Verbrennungserscheinungen zu stören und namentlich das bezügliche Verhältniss von Kohlenstoff und Silicium zu ändern, sodass unter Umständen beide neben einander sich oxydiren, während sonst das erstgenannte Element das andere ablöst.

Die Kohle verbrennt zu Kohlenoxyd und bringt dadurch unter Umständen ein lebhaftes Aufwallen und Kochen des Bades hervor, welches verstärkt wird, wenn das Bad, wie bei den Windfrischprocessen, besonders bei den Converterprocessen, an sich schon, unter der Einwirkung durchgeblasener Gase stehend, sehr unruhig ist. Es können dann stellenweise vollständige Eruptionen unter starkem Auswerfen flüssiger Schlacken- und Metallmassen eintreten — Erscheinungen, die entschieden Zeugniss ablegen, wie heftig die Gasproduktion bei der Verbrennung des Kohlenstoffs im Eisen werden kann.

Die Verbrennung der Kohle dauert bis zum Ende des Frischprocesses und eine absolute Entkohlung führt bereits wieder zur Oxydation des Bades, d. h. zur Aufnahme von Oxyden in dem Metall.

§ 105. Was den Phosphor anlangt, so wird derselbe bei dem Frischprocess sehr leicht oxydirt, wenn das phosphorhaltige Eisen mit reichlichen Zusätzen von Magnetoxyd in Berührung gelangt und wenn nicht die Kieselsäure zersetzend auf die in die Eisenschlacken übergegangenen neugebildeten Phosphate einwirken kann. Deshalb kann man die Oxydation des Phosphors stets erfolgreich bewirken, wenn man für reichliche Magnetoxydbildung von Anfang an Sorge trägt und verhütet, dass die Schlacke über ein gewisses Maass hinaus Kieselsäure enthält. Stark unterstützt wird eine Fixirung der gebildeten Phosphorsäure in der Schlacke durch basische Zuschläge und durch basische Futter.

Zuschläge von Walzsinter und Hammerschlacke während des Puddelns, Ausbreiten der Gaarschlacke des Frischprocesses auf dem Herd der Puddelöfen, vor dem Einsetzen, endlich das Aussetzen der Oefen mit Eisenplatten (die sich schnell oxydiren), mit Schlacken, mit Eisenerzen etc., schliesslich die Zusätze von gebranntem Kalk oder Dolomit und die Benutzung von basischem Ausbaumaterial — alle diese vereinzelten Hilfsmittel werden angewandt, sobald es sich um Entfernung des Phosphors handelt.

Auch die rechtzeitige Beseitigung der ersten kiesel- und phosphorsäurereichen Schlacken trägt dazu bei, die Entfernung des Phosphors zu einer dauernden zu machen, da sich aus der Schlacke heraus wieder Phosphor zurückreduciren und mit dem fast fertigen Eisen verbinden kann. Dies geschieht besonders bei Zusätzen kohlehaltigen Eisens, obwohl man noch vielfach annimmt, dass auch Eisen selbst in der Endperiode des Frischens die in der Schlacke befindliche Phosphorsäure zu reduciren vermöge.

Während der gewöhnliche Frischprocess im Herd am wenigsten geeignet ist, ein sehr phosphorhaltiges Eisen zu verarbeiten und daraus brauchbare Handelswaare herzustellen, gilt dies in erhöhtem Maasse vom Flammofenfrischprocess, der ein bequemeres Manipuliren mit den oxydirenden Zusätzen gestattet — noch weiter geht aber der Windfrischprocess, sobald durch geeignete Mittel die Kieselsäure ganz zurückgedrängt ist und man auf möglichst basische Schlacken hinwirkt.

Bei dem letztgenannten Verfahren, welches in der jetzt üblichen praktischen Ausführung als Thomasprocess bekannt ist, machte man die Entdeckung, dass der Phosphor nicht allein während der ganzen Dauer des Frischens in die Schlacke geht, sondern dass die Haupteliminatioh und zwar die vollständigste erst stattfindet, wenn nach Beendigung der Entkohlung weiter oxydirt wird. Man benutzt diese Art und Weise der Entphosphorung hauptsächlich in den Flusseisenprocessen, während die successive Entphosphorung, welche während des ganzen Oxydationsprocesses in verschiedener Stärke andauert, doch nie eine so vollständige wird, bei den anderen Frischprocessen auftritt.

An geeigneter Stelle der späteren Specialdarstellung werden die maassgebenden Verhältnisse noch näher besprochen und besonders der Fortgang des Phosphors diagrammatisch erläutert werden, wie übrigens auch der der übrigen Bestandtheile.

Ein allgemeines Diagramm aller Frischprocesse ist nicht möglich und schon die verschiedenen Varianten eines und desselben Vorganges zeigen sehr verschiedenen Verlauf der Einzelerscheinungen, also auch ganz verschiedene Diagramme.

§ 106. Der Schwefelgehalt des Roheisens oxydirt sich nur insoweit, als eine Bildung von schwefliger Säure statthaben kann und es ist dies insofern sehr schwer, als der flüssige Aggregatzustand die ungünstigsten Bedingungen für einen solchen Vorgang darstellt. Trotzdem beobachtet man eine gewisse Entschwefelung bei allen Puddelprocessen und verläuft sie ziemlich gleichmässig während des ganzen Vorganges, während man bei den übrigen Bestandtheilen ein mehr sprungweises oder abgegrenztes Abnehmen nachweist.

Ob in dem einen oder anderen der verschiedenen Frischprocesse die Oxydation des Schwefels mehr oder minder rasch und glatt von Statten geht, ist schwer zu sagen. Anscheinend hat der Herdfrischprocess den Vorzug, weil das Eisen in Tropfen vor dem Winde niedergeht und zur gegenseitigen Einwirkung von Sauerstoff und Schwefel die günstigsten Verhältnisse geboten sind, was für den Puddelprocess eigentlich nur während des Einschmelzens, für den Converterprocess überhaupt nicht geltend gemacht werden kann.

Zusätze, die den Schwefel aufnehmen sollten, helfen nicht, wie bereits a. a. O. mitgetheilt wurde; die Verwandtschaft des Eisens zum Schwefel ist ja bekanntlich so gross, dass ersteres als Niederschlagsmittel von Alters her benutzt worden ist, um Schwefelverbindungen anderer technisch werthvoller Metalle zu zerlegen.

Mittel wie das schon genannte Schafhäutl'sche Pulver wirken wohl in kleinem Maassstab; im grossen sind sie unzulässig.

§ 107. Der Gehalt an anderweitigen Nebenbestandtheilen ist im Frischprocess kaum bemerklich und einflussreich; einestheils ist zu wenig davon vorhanden, anderntheils werden dieselben leicht oxydirt und von der Schlacke aufgenommen, so dass Nachtheile aus der Gegenwart minimaler Antheile an demselben kaum entstehen können. Sie werden deshalb bei theoretischen Darstellungen, z. B. bei den Diagrammen der Frischprocesse, fast stets vernachlässigt und kommen nicht zum Vorschein.

Wo in den Produkten der Frischprocesse einzelne der Nebenbestandtheile, z. B. Mangan, Chrom, Wolfram, Titan etc., vorkommen sollen, setzt man sie in Form von Ferrolegirungen erst nach dem Schluss der Frischprocesse, manchesmal sogar erst beim Raffiniren zu und ist dann sicher, genau die ausgerechnete Menge in dem Metall des Processes zu haben. Würde man das Rohmaterial dieser Legirungen vom Anfang an dem Frischprocess zusetzen, so würde es schwer, wenn nicht unmöglich sein, einen gewissen Gehalt davon voraus bestimmen zu können.

Vielfach sind derartige Zusätze leichter oxydabler Substanzen nöthig, um eine zu weit gegangene Oxydation zu compensiren, und es kann alsdann damit eine Zuführung bestimmter Nebenbestandtheile verbunden werden, wie es bei der Darstellung von Wolfram- und Chromeisenfabrikaten thatsächlich mit bestem technischen Erfolg geschieht.

Es wird sich hinlänglich Gelegenheit bieten, darauf beim Betrieb der einzelnen Processe zurückzukommen, bei denen Zusätze in Betracht kamen oder noch kommen.

B. Verlauf der Herdfrischprocesse.

§ 108. Die wenigen heut noch erhaltenen Herdfrischprocesse gehören verschiedenen Klassen der ehemals in vielgestaltiger Weise je nach Material und Ziel ausgeführten Frischmethoden an, so dass eine Beschreibung des Verlaufs der einzelnen wohl am Platze wäre.

Es wird aber genügen, eine derselben und zwar diejenige hervorzuheben, welche alle Phasen einschliesst, die überhaupt bei dem Verfrischen des Roheisens im Herd vorkommen können. Von allen Methoden erfordert die Verarbeitung eines grauen Roheisens zu Stabeisen wohl den grössten Zeitaufwand und schliesst ziemlich alle Umstände ein, welche bei dem Herdfrischen überhaupt eintreten können.

Das Material der Arbeit sind breite plattenartige Gänze von Roheisen, welche mehrfach aufeinander gelegt, im Feuer des Herdes abgeschmolzen werden, während das Produkt der unmittelbar vorhergehenden Arbeitszeit oder Schicht, ausgeschmiedet wird. Dieses Ausschmieden verlangt immer je nach Façon und Stärke der Bestellungen einen Zeitaufwand von $3^1/_2$ bis 5 Stunden, und ebensolange währt auch die Einschmelzperiode.

Das Roheisen wird von der dem Windeinlass gegenüberliegenden Seite des Feuers (vergl. die im dritten Abschnitt gegebenen Einzelheiten, betr. den Feuerbau) aus gegen den Windeinlass geschoben und befindet sich in der Regel über den zum Ausschmieden eingelegten Kolben der vorherigen Schicht. Es schmilzt nun unter steter Erneuerung der Kohlenbedeckung ein gewisser Theil des Eisenmasselbündels ab und tropft auf den Boden des Feuers durch Kohlen, Wind und über die mit Schweissschlacken bedeckten heissen Kolben herab.

Wegen des sehr verschiedenen Verhaltens der zum Frischen früher benutzten Roheisensorten hatte man in Bezug auf die Lage des abzuschmelzenden Roheisens auch verschiedene Grundsätze. Das graue Roheisen, besonders das mit Cokes erblasene Roheisen, wurde ziemlich nahe über den Windeintritt gerückt, während Eisen, welches nicht graphitisch und auch sonst ärmer an fremden Bestandtheilen, dafür aber gleichzeitig minder strengflüssig war, etwas weiter vom Wind bleiben konnte.

Diese erste Einschmelzperiode muss je nach der Beschaffenheit des Materialeisens geführt werden, da der Grad der Veränderung ziemlich derselbe sein muss, ob nun das Roheisen sich leichter oder schwerer frischt. Bei grauem, schwer, d. h. roh sich frischendem Eisen half man früher durch alle möglichen oxydirenden Mittel nach; man liess vor dem Zurechtmachen des Feuers alle hochsauerstoff-

haltigen Schlacken der vorigen Operation liegen, baute das Feuer so zu sagen damit aus und bereitete dem herunter tropfenden Eisen ein Bett, das sofort auf die Oxydation einwirkte und sie beförderte.

War im Gegentheil das Roheisen raschfrischend, so hinderte man durch Einsetzen von Brucheisen oder Roheisenstückchen, die direkt ins Feuer gebracht wurden und rascher als die Masseln niedergingen, die zu sehr voranschreitende Veränderung oder hielt sie auch durch Einthun von Sand auf, welcher durch Silikatbildung die Eisenoxyde passiv machte und ihre Wirksamkeit abschnitt, allerdings durch Vermehrung des Rohschlackenfalles und auf Kosten der Produktion.

§ 109. Ein sehr wirksames Mittel zur Modification des ganzen Einschmelzens, wie überhaupt zur verschiedenen Gestaltung der verschiedenen Frischperioden, ist stets die Windführung gewesen.

Bei jedem Frischfeuer von etwas besserer Einrichtung ist eine Regulirvorrichtung vorhanden gewesen, um nach Belieben den Strom stärker oder schwächer zu gestalten, um theils mit warmem, theils mit kaltem Wind arbeiten zu können.

Ein stärkerer Windstrom steigert die Temperatur und in Folge dessen die Geschwindigkeit des Einschmelzens, während bei Anwendung eines schwächeren Windes die Oxydation der fremden Bestandtheile durch das Verlangsamen des Schmelzens grösser wird und das Frischen verhältnissmässig rascher voranschreitet. Aehnlich ist die Wirkung verschiedener Temperaturen des Windes; heisser Wind gibt ein rascheres, minder oxydirendes Schmelzen als kalter Wind.

In Folge dieser Wahrnehmungen behandelt man leichtfrischendes Eisen mit starkem Wind (später bei den folgenden Phasen greift man wiederholt zu warmem Wind) und ein anderes Material, welches schwerer frischt, mit schwächerem Winde.

Man kann indess die Periode des Einschmelzens nicht einzig und allein nach dem Verhalten des Roheisens im Frischprocess leiten oder umgestalten, sondern muss sich auch nach mehr äusserlichen Verhältnissen, z. B. dem Verlauf der gleichzeitig vorgenommenen Arbeit des Ausschmiedens, richten. Wird das Fabrikat nur zu Kolben umgestaltet, d. h. zu vierkantigen Blöcken, welche in besonderen Werkstätten bei Steinkohlen ausgeschweisst und zu Stäben verwalzt werden, so kann man schon rascher arbeiten, als wenn Stabeisen, Schlossereisen oder gar Modelleisen (Façonstücke zu Klavierstegen, Pflugscharen etc.) geschmiedet werden müssen.

In einem Fall darf die Oxydation rascher voranschreiten als im anderen oder man kann ein leichter gehendes Rohmaterial nehmen als für den zweiten Fall.

Das in den Herd gelangte Eisen setzt sich daselbst zu einem Kuchen zusammen und bedeckt sich mit mehr oder minder dünnflüssiger **Rohschlacke**, die indess von Zeit zu Zeit abzulassen ist und den Kuchen nicht zu hoch bedecken darf. Ebenso ist aber ein Entblössen des Eisensatzes durch unvorsichtiges oder zu starkes Ablassen der Schlacken nachtheilig, weil dann die Arbeit zu trocken geht, die Eisenverluste wachsen und ausserdem die Oxydation zu rasch voranschreitet.

Eine derartige Rohschlacke von den Rybniker Werken in Oberschlesien ergab nach der Analyse von Karsten:

SiO_2	28,0
FeO	61,2
MgO	2,4
CaO	0,9
Al_2O_3	0,2
MnO	6,7
KaO	Sp. (Eisenhüttenkunde IV, S. 82.)

Sie stammte von der Verarbeitung von Cokes-Roheisen (Königshütte, Marienhütte bei Orzesche u. a. Werken).

§ 110. Das Produkt dieses ersten Einschmelzens muss sich wie ein Teig anfühlen lassen, also locker, weder hart und sperrig, noch zu weich sich zeigen. Dem ersten Fehler, einer zu harten und sperrigen Beschaffenheit, kann man am Besten durch Emporheben der bereits heruntergeschmolzenen Portion, durch Aufbrechen, einer sich vielfach beim Frischen wiederholenden Arbeit, abhelfen. Man steckt eine entsprechend schwere Brechstange, vorn leicht abgeplattet und geschärft, in das Feuer, schiebt sie unter die herabgeschmolzene Metallmasse, hebt letztere durch Herabdrücken der auf den Feuerrand aufgelegten Brechstange herauf und schafft sie auf das Feuer.

Sollte die nunmehr niedergehende Eisenmasse noch immer **roh** sein, so muss man durch Einsetzen gaarer Schlacken oder von Schwahlstücken (Schwahl ist der auf dem Endprodukt sitzende dicke Schlackenpelz, der beim Abzängen herunterbricht und wesentlich aus Gaarschlacken besteht) sich helfen, das Aufbrechen aber ausserdem noch wiederholt werden.

Untersuchungen, betreffend die chemische Qualität des Produkts dieses ersten Schmelzens und die eingetretene Veränderung, sind in früherer Zeit nicht gemacht worden, würden auch zu entscheidenden Resultaten nicht geführt haben, weil je nach der Qualität des Materials, je nach den örtlichen Gewohn-

heiten und je nach der Art der Fabrikate das Ende des Einschmelzens an sehr verschiedenen Zeitpunkten des ganzen Oxydationsprocesses zuwege kommen konnte. Die Untersuchungen Botischew's (Oesterr. Zeitschrift 1862, S. 228) beziehen sich nur auf Kohlenstoff, Silicium, Mangan und auf einen sibirischen Process.

Die Analogie der anderen Processe lässt aber die nachstehenden Annahmen zu.

Während dieses ersten Schmelzens, wie es vorstehend geschildert worden ist, oxydiren sich vorzugsweise Silicium und Mangan, ausserdem aber noch Phosphor und etwas Schwefel. Schon Karsten hebt (Eisenhüttenkunde IV, S. 108 u. ff.) hervor, dass die Abscheidung der zufälligen Bestandtheile des Roheisens eben eine gewisse Verzögerung und weitere Ausdehnung des ganzen Einschmelzprocesses nothwendig mache, ein Verfahren, welches bei reinem, lediglich Kohlenstoff enthaltenden Eisen unnöthig erschiene.

Deshalb sei es erforderlich, das Roheisen, im Fall es jene zufälligen Bestandtheile enthalte, recht flüssig und ohne dabei den Wind direkt einwirken zu lassen, zu schmelzen, dann aber im Herd selbst nicht etwa der Einwirkung des Windes zu entziehen, sondern dieselbe im Gegentheil auf das niedergeschmolzene Eisen zu richten.

Da man den Feuerbau sehr bequem jederzeit ändern konnte, indem man ihn construktiv so unabhängig als möglich von dem ganzen Bau der Feueranlage machte, so war man in der Lage, sich nach der Qualität des Eisens jederzeit zu richten und wandte je nach dem beabsichtigten Verlauf des Schmelzens tiefe oder flache Herdgruben, steile oder flache Neigung des Windeinlasses an.

Für das in der hier zunächst beschriebenen Frischereimethode vorzugsweise verarbeitete Eisen wurde ein mehr tiefes als flaches Feuer gebaut und dem Wind eine hinlängliche Neigung gegeben, um denselben mehr auf das schon eingeschmolzene, als auf das schmelzende Roheisen einwirken zu lassen, welches Letztere, mehr von Kohlenoxydgas als von freier Luft getroffen, ohne sehr merkliche Oxydation herunterging und erst, unten angelangt, unter reichlicher Rohschlackenbildung sich weiter oxydirte.

§ 111. Mit dem Abschluss des Abschmiedens der Produkte aus der vorhergehenden Charge erreichte auch das Abschmelzen des Roheisens sein Ende und es begann das eigentliche Frischen, welches ohne jede andere Nebenarbeit verläuft als weiterhin das Abschmieden des Anlaufeisens während des Gaarfrischens.

Nachdem, ohne Abstellung des Gebläses, die Lösche und die Kohlen von dem niedergegangenen Eisen weggeräumt, dessen Oberfläche ganz frei gelegt und die Schwahlansätze an der dem Wind entgegengesetzten (Gicht-) Seite und im Schlackenloch abgestossen worden, schritt man zum Rohaufbrechen und wuchtete mit Hülfe schwerer Brechstangen das Eisen heraus auf die Platte, wo sonst das Roheisen zum Abschmelzen aufgestapelt war.

Dann wurde das Feuer ausgeräumt, die etwaigen Schlacken in die Ecken gebracht und nun mit frischen Kohlen gefüllt, bis der Eisenkuchen wieder darauf gelegt und an der Gichtseite mit Brocken etc. festgelagert werden konnte, während er an der Windseite über der Form selbst zu liegen kam.

Der weitere Verlauf war nunmehr im Allgemeinen ein nochmaliges Niederschmelzen, bei welchem die Entsilicirung und Entphosphorung vollendet, sowie die Entkohlung begonnen und zu grossem Theil durchgeführt wurde.

Je nach dem Grad der Veränderung, den das Roheisen bereits beim Einschmelzen erfahren, richtete sich indessen die weitere Behandlung, insofern theils in Stücken, theils im Ganzen aufgebrochen wurde.

Regelmässiger war immer das Letztere, und auch leichter auszuführen, wenn es auch vielfach durch zum Theil längere Dauer zu einem vergrösserten Eisenabbrand leicht Veranlassung gab. Das Aufbrechen in Stücken lieferte, gut geleitet, raschere Arbeit und gute Produkte, erforderte aber grosse Uebung im Beurtheilen des sehr verschiedenen Grades der Gaare in den einzelnen Brocken.

Der normale Vorgang, wie er z. B. auf den schlesischen Staatswerken zu beobachten war, bestand wesentlich im Niederschmelzen des Eisensatzes im Ganzen, wobei der ganze Klumpen aber vielfach in veränderter Lage wieder ins Feuer gebracht wurde, z. B. das Unterste nach oben gewendet, die Windseite nach der Gichtseite u. s. w.

Ging die ganze Arbeit von Anfang an sehr roh, so wurde einige Zeit nach dem Aufbrechen das inzwischen niedergegangene Eisen durch die Operation des Durchbrechens herausgeschoben und auf die Eisenmasse gebracht, um mit dieser nochmals niederzugehen.

Im Allgemeinen wurde das Rohfrischen mit stark oxydirender Wirkung des Windes betrieben, aber stets Rücksicht auf sonstige Nebenbestandtheile des Eisens genommen. Sowie ein grösserer Silicium-, Mangan- und Phosphorgehalt sich bemerklich machte, durfte man auch während des Frischens nicht so sehr eilen, sondern so lange roher einschmelzen, bis man den grössten Theil der Nebenstoffe in die Schlacken gebracht hatte.

Daneben musste man auch immer bedacht sein, das Produkt des Rohfrischens nicht so weit zu entkohlen, dass seine weitere Schmelzung durch strengflüssiges Wesen Schwierigkeiten verursacht haben würde.

Die Dauer des Rohfrischens war bei dem hier geschilderten deutschen Frischprocess in der Regel 2 Stunden, welche unter steter Controle des niedergehenden Eisens und steter Steigerung der Windwirkung verliefen, wenn auch die eigentlich physische Arbeit hier am meisten zurücktrat und eine scheinbare Ruhe diese Periode der ganzen 8—9 Stunden dauernden Schicht des Personals auszeichnete.

Nur bei Abweichungen im Gang des Feuers wurden eine Menge kleiner praktischer Handgriffe nothwendig, die einiges Leben in das ganze Verfahren brachten.

§ 112. War das Rohschmelzen oder Rohfrischen beendet, so musste zur Inangriffnahme des letzten Schmelzens, des Gaarschmelzens, Gaarfrischens, der niedergegangene Eisenklumpen aufs Neue gehoben und über das Feuer gebracht werden.

Dies geschah in ganz ähnlicher Weise wie nach Beendigung des Einschmelzens, durch ein zweites Aufbrechen, das Gaaraufbrechen. Da man es aber bei dem weiteren Schmelzen mit einem weit strengflüssigeren Material zu thun hatte, als im ersten Aufbrechen, so musste beim Schmelzen selbst anders verfahren werden. Zunächst vermied man frische Kohlen, sondern sorgte in der letzten Periode des Rohfrischens für eine starke Beschickung und für die Vorwärmung einer reichlichen Portion Kohlen, welche dann zunächst in das Feuer kamen und bald wieder in vollster Hitze standen.

Es wurde dem Grad der Gaare entsprechend mehr oder minder scharf gearbeitet, oft sogar mit heissem Wind, wenn das Eisen schon sehr weit vorgeschritten sein sollte.

War das Gegentheil der Fall, zeigte sich das zuerst niedergehende Eisen noch roh, ungeschmeidig, so schaffte man es heraus, indem man, wie beim Rohfrischen, durchbrach, mit der Brechstange am Boden hinfuhr und Alles auf der Gichtseite in die Höhe brachte, um es später in der Nähe der Form gaarer werden zu lassen.

Das nunmehr niedergehende Eisen musste hellweissglühend, nicht mehr gelb oder roth leuchten und einen hineingehaltenen Stab mit einer Scheide oder Hülle von hämmerbarer Qualität bedecken. Hatte ein wiederholter Versuch mit der Brechstange dies zu erkennen gegeben, so wurden nacheinander mehrere Stäbe von geringerem Querschnitt, gewöhnlich Schlossereisen oder Hufstabeisen, in das Feuer gesteckt (in die Ecke der Wind- und Vorderseite), so dass ihre Enden an der heissesten Stelle des ganzen Niedergehens, das breiige entkohlte Eisen berührten und sich mit einem Ballen dieses weichsten und geschmeidigsten Eisens bedeckten. Dieses Anlaufnehmen wurde zweckmässiger Weise und so lange fortgesetzt, als das über dem Feuer liegende Eisen noch zusammenhing. Sobald es in einzelne Stücke zerbröckelte, manches Mal schon früher, hörte man mit der genannten eigenthümlichen Operation auf, die nur eigentlich den Zweck hatte, ein besonders feines Produkt für manche Verwendungen, z. B. Schnitteisen, Feineisen etc., zu gewinnen.

Diese Kolben wurden gleich in der ersten Hitze zur Hälfte abgeschmiedet, dann vom Stab abgehauen und zum Fertigausschmieden in der nächsten Schicht zurückgelegt.

Die Kunst des Frischers bestand während dieser Periode hauptsächlich in der richtigen Leitung der Endoperationen. Beim Zerbröckeln des Restes von dem über dem Feuer liegenden Eisenklumpen kam es darauf an, jedes einzelne Stück auszugaaren und an dem mittlerweile von nur wenig Feuer bedeckten Fertigprodukt, dem Deul, festzuschweissen, ohne denselben unhomogen zu machen.

Viele Frischer verdarben oft gerade in dieser Periode durch unruhiges Arbeiten und Zerstossen des Eisens das Resultat ihrer Arbeit; andere arbeiteten überhaupt nur mit Brocken, welche an die Anlaufkolben geklebt und im Feuer so lange herumgedreht wurden, bis sie hinlänglich gaar geworden. Dass ein solches Verfahren weder homogene Produkte, noch günstige Abbrandverhältnisse lieferte, ist ohne Weiteres einleuchtend; in gut geleiteten Werken war diese Arbeit auch verboten.

§ 113. Die weitere Behandlung des Produkts besteht im Ausheben desselben, Transportiren nach dem Aufwerfhammer, Abzängen des Kuchens und Zerhauen mittelst des Setzeisens in 5 bis 6 Scherben oder Schirbel, welche sofort noch in derselben Hitze etwas façonirt, dann nach dem unterdessen zu neuem Einschmelzen hergerichteten Feuer gebracht und in dasselbe mittelst geeigneter Zangen eingehängt werden.

Die das Frischen gewissermassen vollendende mechanische Behandlung, die Verdichtung etwaigen lockeren Gefüges, ist bei dem Feuerbetrieb nur sehr geringfügig, da das Produkt desselben aus lauter aufeinandergeschweissten Partieen reinen Eisens bestehen und nur ausnahmsweise Spuren eingemengter Schlacke enthalten soll. Ein energisches Verdichten ist deshalb selten nöthig gewesen und betraf meist schlecht geführte Chargen, bei denen der letzte Theil in Brocken niedergegangen war und sich nicht fest hatte aufschweissen lassen.

Im Ganzen genügte ein Zängen mit relativ leichtem Hammer und wurde hauptsächlich die Entfernung des Schwahls bezweckt, sowie eine ausreichende Formatisirung des Klumpens, um denselben mit dem Setzeisen leidlich regelmässig theilen zu können. Zu bemerken ist noch, dass, trotz aller angewandten Kunststücke zu Gunsten einer Homogenisirung der Eisenmasse, die aus der Theilung hervorgegangenen Schirbel durchaus nicht gleiche Qualität zeigten und dass vielfach der vorderste Schirbel

(an der Windseite losgehauene) von dem hintersten (an der Gichtseite gefallenen) sich erheblich in Qualität und Verhalten beim Schmieden unterschied. Der bereits während des Frischens constatirte Unterschied im Verhalten des frischenden Eisens bei grösserer oder geringerer Entfernung vom Windeinlass, wonach in der Nähe der Form die Oxydation im Allgemeinen stärker ist als am entgegengesetzten Ende des Feuers, machte sich selbst im fertigen Produkt geltend und legt man beim Wärmen und beim Ausschweissen die Schirbel zum Theil in der umgekehrten Reihenfolge ihrer Entstehung in das Feuer ein.

Der Gichtschirbel kommt an die Form, der Formschirbel nach der Gicht zu oder vorläufig auf das Feuer zu liegen und die übrigen vertheilen sich dazwischen nach Verhältniss.

Das Auswärmen und Ausschweissen geschieht je nach Qualität des Produkts in verschiedener Weise; bei recht gaaren Produkten kann die Erhitzung rasch vor sich gehen, während rohe Schirbel und Kolben zweckmässig eine etwas verzögerte und wiederholte Erwärmung erfahren, und deshalb oftmals auf, nicht in das Feuer gelegt wurden, bis sie sich hinlänglich verändert d. h. ausgegaart hatten.

Bemerkenswerth ist, dass diese Qualitätsverbesserung fehlerhafter Produkte in einem mit Steinkohlen gefeuerten Schweissofen weniger gut gelingt als im Frischfeuer selbst, weshalb da, wo combinirte Betriebe existirten, die als roh befundenen Kolben wieder nach den Kolbenfeuern zurückwanderten und dort durch Auswärmen und nochmaliges Abfassen ausgebessert wurden.

Resumirt man die vorgängige Schilderung, so springt als Hauptcharakter das dreimalige Schmelzen derselben Eisenportion heraus und demnach ist dies Verfahren, graues, mit Nebenbestandtheilen ausgestattetes Roheisen zu verfrischen, auch Dreimalschmelzerei genannt worden, während man sonst auch noch die Bezeichnung deutsche Herdfrischerei dafür gebraucht, weil sie vorwiegend in Deutschland angewendet wurde.

Sie enthält in ihrem Verlauf alle Phasen, die bei dem Frischprocess überhaupt auftreten können und ist deshalb zur grundlegenden Schilderung am Besten zu verwerthen und die übrigen Methoden, theils untergegangen und vergessen, theils noch gebräuchlich, lassen sich vortrefflich anschliessen.

In Frankreich ist die Méthode comtoise mit der deutschen Arbeit identisch.

§ 114. Von den vielen Varianten des Herdfrischprocesses, welche Karsten, Tunner und nach ihnen nochmals Wedding aufzählen, sind nur noch Wenige und ganz vereinzelt am Leben. Sie arbeiteten zum Theil mit noch grösserem Materialverbrauch und noch geringerem Produktionsumfang als die deutsche Arbeit und sind nahezu verschwunden.

Die einzige derselben, welche noch Bedeutung in wirthschaftlicher Beziehung hat, ist die Südwalliser Frischschmiede und ihre Nachfolgerin, die in Schweden vielfach angewandte Lancashireschmiede.

Die erstere für die Darstellung des Weissblechmaterials in England ganz besonders noch im Gange, als schon in der nächsten und ferneren Umgebung die Holzkohlenbetriebe vollständig verschwunden waren, wird auch auf einzelnen continentalen Werken, allerdings in Verbindung mit Abfälleverschweissen, betrieben (Dillingen).

Ursprünglich für graues Eisen bestimmt, wird sie meist mit rasch gehendem weissen Eisen ausgeführt, nachdem man in England lange Zeit hindurch das Roheisen erst in einem Feinofen (siehe C., Die Flammofenfrischprocesse) vorbereitet hatte.

Diese Vorbereitung bei Cokes lieferte ein flüssiges Produkt, welches entweder direkt in den Frischherd geleitet und weiter verarbeitet wurde, oder welches erst nach vorgängigem Erkalten zum Verfrischen kam und alsdann im Frischfeuer selbst eingeschmolzen wurde.

Das Arbeitsprincip bestand wesentlich darin, das niedergegangene oder eingelassene Eisen fortwährend unter dem Wind zu halten und dasselbe brockenweise und ununterbrochen gegen die Form hin zu bewegen, um dasselbe zu entkohlen und in ein stahlartiges Produkt zu verwandeln.

Natürlich erhielt man dabei keine zusammenhängende Luppe, sondern einzelne kleine Frischstücke, welche unter einem Hammer zu Kuchen oder flachen Scheiben zusammengeschlagen wurden, ohne vollkommen fertige Waare vorzustellen. Dieselbe wurde dann zu hinlänglich weichen Blechstürzen durch längeres Wärmen und darauf folgendes Ausschweissen unter Beifügen von gutem Alteisen, Blechabschnitten weiter verarbeitet, jedoch geschah diese Arbeit in besonderen mit Cokesfeuern gespeisten Wärmöfen, welche sich bei Karsten abgebildet finden (Tafel XLII, 8—10).

Das Charakteristische des Verfahrens ist, abgesehen von der räumlichen und zeitlichen Trennung des Ausschweissprocesses von dem lediglich mit Holzkohlen betriebenen Frischprocess, die Bewegung des niedergegangenen Eisens und die Beschränkung des Verfahrens auf eine wesentlich mit dem deutschen Rohfrischen zusammenfallende und sich damit deckende Periode.

Bei den davon abgeleiteten Processen in anderen Orten verfährt man so, dass man ein geringes Quantum Roheisen (weisses gaargehendes Material) einschmilzt und dann nach erfolgtem Aufbrechen

das nochmalige Niedergehen mit dem Verschweissen der zwei- bis dreifachen Menge von Blechschnitzeln und sonst geeigneten Abfällen verbindet.

Sind leichte und reine Cokes, z. B. Patentcokes, da (Bd. I, S. 260), so kann man die Holzkohle zum Theil durch Cokes ersetzen und das Ganze ökonomisch günstiger gestalten. Bei der stets wachsenden Güte der Thomas- und der Bessemerbleche erscheint es indess fraglich, wie lange diese Weissblechfeuer noch existiren. Espérance in Lüttich hatte sie nicht mehr, als sie noch in Dillingen, allerdings in sehr abgeschwächtem Maass, existirten.

§ 115. Die aus dem Südwalliser Verfahren hervorgegangene Methode von Lancashire, welche noch heute das gesammte schwedische Schweisseisen liefert, brachte gleich nach dem Einführen in Schweden so ausgezeichnete Resultate, dass sie heute fast der einzig für die Darstellung des Cementirmaterials in Anwendung befindliche Process daselbst ist.

Der Verlauf ist nach Grill's u. a. Angaben folgender:

Lichtgraues oder weisses Roheisen wird in mässigen Einsätzen rasch und mit reichlicher Windzuführung in einem oft mit mehr als einer Form versehenen Feuer eingeschmolzen, wobei es auf eine Lage von Gaarschlacken und Hammerschlag niedergeht. Da man das Roheisen in einzelnen Stücken anwendet, muss durch Manipuliren dafür gesorgt werden, dass dasselbe gleichmässig, d. h. in durchaus gleicher Qualität niedergeht, weshalb durch Aufwuchten der vorangeeilten Stücke etc. das Schmelzen in regelmässigem Gang zu halten ist. Um sich die Arbeit etwas zu erleichtern und auch günstig auf den Brennstoffverbrauch einzuwirken, wird das Roheisen stark vorgewärmt, wozu man die Abhitze des Feuers in geeigneter Weise benutzen kann.

Durch verschiedene Kunstgriffe, Abstossen der Ansätze, Mässigen des Windes, Anwenden von Gaarschlacke etc. wird darauf hingewirkt, dass das Eisen in teigigem Zustand am Boden sich befindet, wenn das Niederschmelzen (nach 30 Minuten) beendet ist.

Dieses Eisen wird nun, dem Südwalliser Princip entsprechend, in einzelne Brocken getheilt, in der Mitte des Feuers angesammelt, später gehoben und über dem neu zugeschütteten Brennstoff vor dem Wind von Neuem heruntergehen lassen.

Das nunmehr heruntergegangene Eisen wird fortwährend aufgebrochen und nach oben gebracht, um nochmals herunterzugehen, so dass nach mehrfacher Wiederholung dieser Procedur, wobei das kohlereichere Eisen aus dem entkohlten heraussaigert, eine gleichmässige Beschaffenheit eintritt.

Nach und nach entsteht eine zusammengeschweisste, mehr oder minder poröse Eisenmasse von stahlartiger Beschaffenheit, aus der keinerlei Aussaigerung mehr stattfindet.

Durch dies wiederholte Aufbrechen in kleinen Mengen, welches eine Durcharbeitung des ganzen Satzes darstellt, verläuft der Process ziemlich rasch und giebt zu einer entsprechend geringeren Materialconsumtion Veranlassung.

Die so gebildete stahlartige Masse wird nunmehr im Ganzen gehoben und ohne Durchbrechen zu einem gleichmässigen Klumpen oder Deul niedergeschmolzen.

Dieses dritte Schmelzen, welches ca. 30 Minuten dauert, muss natürlich bei hoher Temperatur vor sich gehen, weshalb eine starke Windpressung und, wo es angänglich, eine Erhitzung des Windes erforderlich ist.

Der ganze Process beansprucht hiernach kaum zwei Stunden Zeit, ist aber auch allerdings als Dreimalschmelzerei mit reinem, nicht rohgehenden Eisen anzusehen. Wollte man unreinere oder stärker graue Roheisensorten verwenden, so müsste man einfach zur deutschen Dreimalschmelzerei zurückkehren.

Das Produkt erfährt natürlich seine weitere Verarbeitung nicht im Frischfeuer, sondern in besonderen Schweissöfen mit Gasfeuerung; das Zängen des Deuls geschieht noch in der Produktionshitze des Frischprocesses.

Als Typus kann das Lancashirefeuer schon deshalb nicht gut gewählt werden, wie Ledebur es gethan hat, weil es ein ganz neuer Process ist, der zu Gunsten der Beibehaltung des Holzkohlenbetriebs in seiner Dauer möglichst und nur auf das Frischen beschränkt worden ist, während die Schmiedearbeit ganz abgetrennt davon ist.

§ 116. Wenn ein Frischprocess, wie die Dreimalschmelzerei, mit einem kohlearmen Material betrieben wird, so kann man, gleiche Oxydationswirkungen vorausgesetzt, ein, oft auch zwei Niederschmelzen ersparen.

Es entstehen dann die früher in den Spiegeleisenbezirken üblichen Zweimal- und Einmalschmelzerei, von denen die letztgenannte hauptsächlich an den ältesten Stückofen- und Hochofenprocess aus leichtreducirbaren und leichtschmelzigen Erzen sich anschloss.

Noch 1858 im Sommer fand in der Grafschaft Suhl das Frischen der im Hochofenprofil Fig. 4a, S. 109 des Bandes II erzeugten luckigen Flossen so statt, dass sie einmal und bereits in Zangen gefasst, vor dem Wind des „Löschfeuers" niedergingen oder auch niedergeschmolzen wurden.

Auch in Steyermark, in Kärnthen, im Siegenschen waren derartige Processe im Gang, zum Theil mit Vorbereitungsarbeiten, z. B. Scheibenreissen, Braten etc. des Rohmaterials verbunden. Dieselben haben vollkommen alle Bedeutung verloren und vermögen nur ausnahmsweise mit der Grossindustrie zu concurriren.

§ 117. Doch nicht allein die Verminderung der Nebenbestandtheile im Rohmaterial, bezw. dessen grössere Reinheit giebt Veranlassung zu der Abkürzung des Frischverfahrens — auch die beabsichtigte Herstellung eines nicht vollkommen entkohlten Produkts, also irgend eines Stahls bedingt die Verminderung der Eisenniedergänge im Frischfeuer, so dass auch hierbei Zweibezw. Einmalschmelzerei entsteht. Dieselben unterscheiden sich von den vorher erwähnten gleichbenannten Abänderungen des Frischprocesses aber dadurch, dass, während bei den Letzteren die erste bezw. erste und zweite Schmelzung nicht nöthig ist, bei jenen die dritte bezw. die zweite und dritte wegfällt.

Auch diese Processe sind nahezu ausgestorben; ganz vereinzelt findet man sie noch in den Alpenbezirken und in der Lombardei vor, wo sie nur durch die Güte ihrer Produkte (trotz ihres hohen Preises) noch ausführbar sind.

Die Führung des Stahlfrischprocesses ist eine durchaus andere als die des Eisenfrischprocesses und es genügt nicht, einfach ein oder zwei Schmelzen abzuschneiden, sondern es muss die ganze Oxydation sehr langsam und vorsichtig gemacht werden.

Man kann nur dann, wenn man sehr langsam arbeitet, die Qualität sicher treffen, mindestens im Haupttheil des Produkts, und trotzdem ist stets die sorgfältigste Sortirung des Produkts selbst erforderlich, weil eine Homogeneïtät nie zu erzielen ist.

Wegen derartiger Verzögerungen, sowie wegen des häufig beobachteten Modus', die Chargen zu unterbrechen durch längere Pausen, in denen die Feuer kalt werden, verbrauchen diese Stahlfrischbetriebe sehr viel mehr Brennstoff als die Eisenfrischbetriebe — auch der Rohschlackenfall ist grösser und dadurch der Abbrand.

Viele dieser Frischbetriebe auf Stahl wurden auf einem rohen Boden, einer Sandstein- oder Schieferplatte durchgeführt und ergaben dadurch schon ein grösseres Quantum Rohschlacken, welche das niedergegangene Eisen vor dem zu starken Einfluss des Windes schützen sollten.

Um die Leitung besser in der Hand behalten zu können, arbeitete man mit nur kleinen Mengen in einem verhältnissmässig tiefen Feuer — und auch dieser kleine Maassstab der Produktion musste auf den Brennstoffverbrauch ungünstig einwirken, der denn auch bedeutend höher war als beim Eisenfrischprocess.

§ 118. Bezeichnend für die Unsicherheit der ganzen Stahlarbeit in Herden ist die fast allen derartigen Arbeiten gemeinsame Methode, den Einsatz nicht auf einmal, sondern in Portionen einzuschmelzen, in sogenannten Heissen.

Dadurch ist der Arbeiter in den Stand gesetzt, den Fortgang zur Gaare zu beherrschen und vermag auch einzugreifen, wenn die Arbeit zu rasch vorgegangen ist, was ja stets eher zu befürchten ist als das Gegentheil.

Zwei Methoden wesentlich sind heut noch im Gebrauch, welche zur Darstellung des härtesten und festesten Stahls gebraucht werden und wohl nie ganz aussterben werden, so lange sie nicht theurer liefern als die sorgfältigste Tiegelstahlmethode. Schlechte Tiegelstahlbetriebe, deren es leider genug gibt, um den Ruf des Gussstahls zu discreditiren, können hier nicht in Betracht kommen — ebensowenig die Fälschungen, wobei dem Puddel- und Bessemerstahl das äussere Ansehen des Herdfrischstahls gegeben wird, ohne dessen Eigenschaften zu erreichen.

Die eine dieser Methoden ist eine Art Zweimalschmelzerei, welche mit grauem, etwas rohgehenden Roheisen vorgenommen wird, während die Andere eine Einmalschmelzerei ist, welche mit weissem gaareren Eisen vor sich geht.

Erstere Art ist heut noch in Westfalen ganz vereinzelt üblich, nachdem sie erst vor wenig Jahren ihr Dasein in Oberschlesien (Stahlwerk Königshuld an der Malapane u. a. a. O.) beschlossen hat.

Das Feuer ist ähnlich gestaltet wie bei dem Frischen auf Stabeisen, nur etwas flacher als das für unreineres rohgehendes Eisen gebaut und mit Sandstein auf dem Boden, mit Kohlenlösche an den Seiten ausgefüttert.

Mit dem ersten einzuschmelzenden Roheisenstück (Heitze oder Hitze) setzt man etwas Hammerschlacke ein, um sofort Rohschlacke auf dem Boden zu erhalten; die einzelnen „Heitzen“ wärmt man in der Feuerflamme an der Gichtseite an, bringt sie darauf nach und nach ins Feuer und stellt sie am Gichtende aufrecht hin, von wo sie später der Feuermitte mehr genähert werden. Beim Schmelzen hilft man bereits mit einer kleinen Brechstange nach und schiebt das Eisen schief gegen die Form hin.

Das Einschmelzen muss ganz flüssig stattfinden, dagegen darf das Eisen sich auf dem Boden nicht zu flüssig anfühlen, sonst muss der Wind gemässigt und selbst etwas Hammerschlacke ins Eisen gebracht und dasselbe damit umgerührt werden. Wird nach einiger Zeit die Masse breiartig und

bekommt sie einige Zähigkeit, so setzt man die zweite „Heitze" senkrecht auf die Gichtseite des Feuers ein (nachdem man das Eisenstück schon roth vorgewärmt hat) und schmilzt sie bei wiederum stärkerem Gebläsewechsel nieder.

Beim Schmelzen der zweiten Heitze muss das vorher breiige Eisen der ersten Heitze wieder vollkommen dünnflüssig werden, ohne zu roh zu gehen, was zu vermeiden ist, da es nur durch Hammerschlag wieder angesteift werden könnte und weil man dabei leicht über das Ziel hinausgeht.

Nur durch schwächeren Wind kann man das vereinte Eisen der beiden Heitzen wieder hinlänglich breiig machen, so dass es schliesslich als steifer Teig sich anfühlt. In ganz ähnlicher Weise wird die dritte Heitze eingesetzt und rasch niedergeschmolzen, um die ganze Masse flüssig zu machen. Bei etwas gemässigtem Luftzutritt gaart man das Eisen so weit, bis man das Ansetzen von geschmeidigen Eisen an den Boden spürt, rührt dann unter erneutem heftigen Luftzutritt, bis ein Steigen des Eisens und ein darauffolgendes Setzen des Eisens sich gezeigt hat. Es hat sich nun ein fester gaarer Kuchen gebildet, der nicht mehr durchstochen werden kann und auf dessen Mitte die zwei oder drei letzten Heitzen gesetzt, eingeschmolzen, angedickt und eingerührt werden. Man erhält so einen im Inneren noch rohen, aussen hin gaareren, ganz aussen oft mit einer Eisenhaut bedeckten Stahlkuchen, der nun dieser Beschaffenheit entsprechend radial zerhauen wird und spitze Schirbel giebt, welche in der nächsten Charge zu Rohstäben ausgeschmiedet werden.

In der Grafschaft Mark, wo diese Arbeit eben vereinzelt noch vorkommen soll, wurde von je mit starkem Schmiedeeisenzusatz gearbeitet, so dass oft bis $^1/_3$ des Ganzen an Abfällen guten reinen Schmiedeeisens zugesetzt wurden.

Man bezeichnete diese Arbeit auch mit dem Namen Schraatschmiederei; es geschahen die Zusätze meist nach dem Einschmelzen des vierten Stückes und wurden noch zweimal, nach dem Einschmelzen des fünften und sechsten Stückes wiederholt.

§ 119. Die Einmalschmelzerei auf Stahl wurde und wird in den Alpen vorzugsweise betrieben und dazu die blumigen Flossen der Hochöfen verwendet, während die Spiegelflossen als zu roh, die luckigen Flossen als zu gaar zum Verfrischen auf Stahl erachtet wurden.

Die Feuer sind tiefer als bei dem vorher geschilderten Verfahren, weil das eingeschmolzene schon gaare Eisen dem Wind entzogen werden muss. Man sortirt vorher sorgfältig das Material nach dem Bruch und wählt nur ein solches, welches beim Niedergehen direkt eine derbe Stahlmasse giebt — eine Wahl, die natürlich nur nach empirischen Kennzeichen stattfinden kann. Ist der Gang zu roh, so hilft man sich durch vorsichtig angewandte gaarende Zuschläge, während ein zu gaarer Gang durchaus vermieden werden muss. Zeigt sich von Anfang an schon eine Neigung zur Gaare, so kann man durch veränderte Windführung nach Quantität und Neigung rechtzeitig helfen.

Die Flossen werden vorgewärmt, in Zangen gefasst und in das Feuer gehalten, wo sie nach Maassgabe des Voranschreitens im Ausschmelzen immer näher nach dem Winde zu gebracht werden. Nachdem die dritte und letzte Zange abgeschmolzen ist, lässt man die Luppe noch im Feuer liegen, damit sie sich später unter dem Hammer ohne Zerfahren bearbeiten lässt.

Sie wird unter dem Hammer gezängt und zerschroten, wonach die Schirbel in der nächsten Schicht zu vierkantigen Stäben ausgeschmiedet und direkt in fliessendem kalten Wasser abgelöscht werden, um sie zerschlagen und leicht sortiren zu können.

Diese Sortirung erfolgt hauptsächlich nach dem Verhalten beim Zerschlagen. Alle Stangen, welche schon leichten Schlägen nachgeben, werden als Rauhstahl (Edelstahl anderer Bezirke) abgesondert, während der Rest, der nicht leicht bricht, nach dem erfolgten gewaltsamen Zerschlagen sich scheiden lässt in:

Mock (Mittelkühr anderer Bezirke), stahlartiges Eisen,
Zwitter- oder Hammereisen, hartes Stabeisen.

Man producirt durchschnittlich: 60/$_{00}$ Edelstahl,
20/$_{00}$ Mockstahl,
10/$_{00}$ Hammereisen, und es müssen
10/$_{00}$ Abbrand gerechnet werden.

Der Edelstahl selber ist weit davon entfernt gleichmässig zu sein und ergiebt nach erfolgtem Gärben oder Raffiniren ein weiteres Sortiment von Stahl, das in den Berichten über die in Wien 1873 ausgestellt gewesenen Produkte der damaligen Innerberger Hauptgewerkschaft recht reich hervortrat.

In dieser Suite schöner Proben befanden sich aber auch die Produkte zweier anderer, etwas abweichend arbeitender Stahlfrischmethoden:

der Paaler Brescianarbeit,
der Kärnthner Brescianarbeit,

welche in Karsten's Eisenhüttenkunde S. 462 u. ff. sehr gut beschrieben sind.

Die ziemlich unverständliche Uebersicht der Innerberger Handelsstahlsorten in Kerpely's Bericht über die Ausstellung von 1873 gibt keinen weiteren Aufschluss über die Darstellungsmethoden der verschiedenen Nummern und Benennungen. Am besten lassen sich die geheimnissvollen Bezüge zwischen denselben wohl an Ort und Stelle, z. B. in der Stahlfabrik Kapfenberg a. d. Mur, studiren.

Für den Material- und Zeitverbrauch der bezüglichen Processe lässt sich dasselbe anführen, was schon gesagt worden ist; die Aufwände an beiden sind sehr bedeutend, bedeutender noch als bei der deutschen Zweimalschmelzerei, welche aus gleichgutem Material weit Besseres noch leisten würde, als die Produkte der alpinen Industrie.

§ 120. Beurtheilt man nach dem Vorgetragenen die Stellung der Herdfrischprocesse, so kann man ihre Technik zunächst als eine sehr unvollkommene, ihre ökonomische Leistung als eine äusserst geringe ansehen und darf wohl zugestehen, dass das Loos der Herdfrischerei, unterzugehen, ein hartes, aber ein mit Sicherheit zu erwartendes war.

Für nahezu alle Anwendungen des Lebens, besonders aber für die grossen Ansprüche der Industrie und des Ingenieurwesens, sind längst Produkte anderer Processe an die Stelle der Herdfrischprodukte getreten; die zuletzt erwähnten Verwendungen haben sogar kaum Zeit gehabt, für das Verhalten des Herdfrischeisens Erfahrungen festzustellen.

Ueberall hat man, sobald der Zustand der Manipulation dieser neueren Processe ein gleicher geworden war, wie der der älteren, sobald also eine gleiche Fertigkeit und gleiche Durchbildung und Uebung da war, erkannt, dass es Vorurtheil sei, dem älteren Verfahren die Möglichkeit allein und ausschliessend zuzuerkennen, vorzüglichste Produkte zu liefern.

Die Theorie wie der Verlauf der Processe selbst zeigt, dass das Produkt derselben ein homogenes **nicht** sein kann, weder in dem Sinn, dass alle Theile des Gesammtprodukts **einer** Operation gleich seien, noch in dem, dass die Produkte mehrerer Operationen mit absolut gleichem Material gleich sein könnten.

Dieser Mangel, der hauptsächlich in dem Umstand seinen Grund hat, dass eigentlich nur in einer engbegrenzten Zone des Apparates eine einigermassen gleiche Schmelzung und Reaktion stattfindet, ist am geringsten da, wo die Oxydation bis ans Ende, d. h. bis zur vollkommenen Austreibung der sogenannten zufälligen Bestandtheile geht, also bei der Darstellung des Schmiedeeisens.

Am grössten ist er bei dem Herdfrischprocess auf Stahl, wo er oft durch einen umständlichen und kostspieligen, einfachen oder doppelten Raffinationsprocess, ein „Gärben" oder Paketiren und Verschweissen im Interesse der Gleichmässigkeit verbessert werden muss.

Die ökonomische Fehlerhaftigkeit des ganzen Verfahrens entspringt aus zwei Quellen:

dem hohen Eisenabbrand,
dem Brennstoffverbrauch.

Von beiden Belastungen ist die erstgenannte so schlimm nicht, wie es auf den ersten Blick den Anschein hat, da auch die anderen Frischprocesse einen erheblichen summarischen Abbrand zeigen, d. h. der Differenzausdruck

Roheisen minus Waare (und Waarenabfall)

schwankt nicht so sehr.

Dagegen ist die Brennstofffrage von einer ganz anderen Wichtigkeit; es ist hier, ganz abgesehen von höherem Kaufwerth der Holzkohle, vor Allem die calorisch mangelhafte Construktion des offenen Herdes schuld an dem hohen Brennstoffverbrauch, ferner wirkt die lange Dauer mancher Perioden des Processes ebenfalls ungünstig auf den Brennstoffconsum ein.

Wo deshalb Frischmethoden in Anwendung bleiben, sucht man die zeitraubenderen Manipulationen, z. B. Wärmen und Schmieden der Produkte, in anderer Art und bei billigerer Feuerung abzumachen und beschleunigt den Frischprocess, indem man ihm ungetheilte Aufmerksamkeit zuwendet. Andererseits hat man die Herdanlagen zu verbessern und namentlich die Abhitzen auszunutzen gesucht.

C. Verlauf der Flammofenfrischprocesse.

§ 121. Der von Cort und Parnell vor ca. 100 Jahren erfundene Puddelprocess veränderte die ganze Industrie der Darstellung des schmiedbaren Eisens auf das Einschneidendste namentlich dadurch, dass er an die Stelle des vegetabilen Brennstoffs den mineralischen setzte, und dass er eine drei- bis achtfach so grosse Leistungsfähigkeit, als sie beim Frischherd möglich war, hervorbrachte.

Das Princip des Rührens und Wendens flüssigen und halbflüssigen Roheisens, wie es bereits beim Südwalliser Frischen sich als charakteristisch zeigte und wie es in das Lancashirefeuer Schwedens und Steyermarks ebenfalls übergegangen ist, findet sich bei dem Puddelprocess wieder und zwar in verstärkter Deutlichkeit. Vielleicht liesse sich durch geschichtliche Nachweise ein gewisser Zusammenhang beider Verfahrungsweisen ermitteln, der auf die Entstehung der einen aus der anderen deutete.

Der Puddel- oder Flammofenfrischprocess bestand ursprünglich darin, Roheisen ohne Weiteres auf dem Herd eines mit Steinkohlen geheizten Flammofens langsam in Fluss zu bringen und ohne einen eigentlich dünnflüssigen Zustand hervorzubringen, durch Wenden, Hin- und Herschieben, Umkrücken (to puddle) zur Oxydation der Bestandtheile zu bringen, wobei der Sand, aus welchem die Sohle des Arbeitsherdes ausnahmslos bestand, zur Schlackenbildung mithelfen musste.

Diese Schlackenbildung war eine mässige, die Arbeit in Folge dessen eine trockene oder magere (daher der Name Trockenpuddeln): besonders, da man die Schlacke, wenn sie sich dann in grösserer Menge bildete, nach dem Fuchs des Ofens zu abzulassen pflegte.

Das Eisen oxydirte nach und nach, oft unter Einwirkung gaarender Zusätze, Hammerschlag, Hammerschlacke etc. und bildete bald eine weiche schweissende Masse, die zu Luppen oder Bällen vereinigt, aus dem Ofen genommen und zum Hammer gebracht wurde.

Bei der Ausbreitung des Processes machte man mit dem Verhalten verschiedener Roheisensorten verschiedene, zum Theil wunderliche Erfahrungen und besonders zeigte sich ein graues graphitarmes Eisen durch rasches Gaaren ohne Entfernung des Graphits aus und bildete sehr leicht ein mürbes pulveriges Gemenge von Eisentheilchen, Graphit und Schlacken oder Eisenoxydul — dem eben vorher das Silicium, dann die Kieselsäure fehlte, um gut ausgeschlackte, compakte Produkte zu geben.

Daraus ging zunächst die Vorbereitung des Roheisens in besonderen Apparaten hervor (man hatte schon in der ersten Zeit das Material des Flammofenfrischens bei Cokes in einem Herd umgeschmolzen und dadurch verändert und namentlich den Graphit zur Absorption gebracht); später gestaltete sich der Process noch anders und heute hat man die Vorbereitungsarbeiten für den currenten Betrieb vollständig aufgegeben und sie nur für andere Fälle beizubehalten versucht, wo ein Entphosphorungsprocess wegen der Gegenwart einer bestimmten Menge Säure in den Schlacken nicht recht zur Wirkung kam.

Es muss die grosse Wandlung, die der Puddelprocess namentlich seit 25 Jahren durchgemacht hat, ausser dem natürlichen Bestreben des Menschen, Alles nach und nach zu vervollkommnen, besonders zwei Momenten zugeschrieben werden:

den durchaus veränderten Leistungen der Hochöfen,
der Concurrenz der Converterprocesse.

Beide haben den Puddelprocess gefördert, ersteres durch Darstellung eines unmittelbar qualificirten Materials für verschiedene Zwecke, letzteres durch Wettbewerb und durch Kampf ums Dasein.

Normaler oder typischer Verlauf des Puddelprocesses.

§ 122. Der gewöhnliche Puddelprocess auf schmiedbares Eisen wird heutzutage in verschiedener Weise je nach der Qualität ausgeführt, die seine Produkte haben sollen. Da sich diese Qualitätsunterschiede auch hauptsächlich in der Textur des Produkts äussern, so bezeichnet man von vornherein in der Praxis und in den Lehrbüchern beide Modificationen als Puddeln auf Sehne und Puddeln auf Korn.

Zur Feststellung der Begriffe, welche zur Discussion der Flammofenfrischprocesse nothwendig sind und zur vollkommeneren Darlegung der Theorie selber, ist als normaler oder typischer Verlauf des Puddelprocesses ein solcher zu wählen, bei welchem alle überhaupt in Betracht kommenden Wandlungen und Veränderungen zu beobachten sind.

Ein solcher Verlauf ist der Hergang des Puddelns, wie es sich bei einem feinkörnig grauen oder halbirten Roheisen von einer mittleren Zusammensetzung abspielt, sobald ein gutes sehniges Produkt daraus hergestellt werden muss.

Der ältere Puddelprocess gewährt wohl in dieser Hinsicht das beste Beispiel, weil derselbe vorwiegend sehniges Eisen fabricirte und weil sich in Folge der längeren Dauer die einzelnen Perioden sehr gut unterscheiden lassen.

Der Herd eines Flammofens, welcher in zweckmässiger Weise mit einem oxydirenden Material (Eisenerzen oder Schlacken) ausgesetzt und muldenförmig gebildet ist, wird mit dem theils vorgewärmten, theils auch nicht vorgewärmten Roheisen besetzt. Da wegen der Mulde des Herdes die Flamme der Feuerung weniger die Herdfläche als den darüber befindlichen Raum und das Gewölbe bestreicht, ist man veranlasst, das Eisen aufzustellen, welches durch Aneinanderlehnen der einzelnen Stücke zu einer Pyramide geschieht.

Weil nur so ein einigermaassen energisches Schmelzen möglich ist, werden auch alle in Folge theilweisen Abschmelzens etwa umgefallenen Stücke durch Aufsuchen mit einer vorn meisselartig platten Brechstange und durch Heben dem Feuer aufs Neue ausgesetzt (Aufstechen).

Da trotz aller Nachhülfe das Einschmelzen doch ziemlich viel Zeit in Anspruch nimmt und immerhin 30 bis 45 Minuten beansprucht, erleidet das Roheisen schon während dieser Zeit eine eingreifende

Veränderung, welche allerdings noch dadurch verstärkt werden kann, dass man das Eisen auf Gaarschlacken der vorherigen Charge und auf eingestreuten Hammerschlag etc. schmelzen oder eingehen lässt.

Während dieser Periode des Processes tritt bereits eine grosse Veränderung in der chemischen Zusammensetzung des Schmelzmaterials ein, die sich auch äusserlich, d. h. in der Farbe des niedergegangenen Eisens kundgibt. Dasselbe, erstarrt und zerschlagen, zeigt sich als vollkommen weiss und splittrigkörnig; der Graphit ist sonach verschwunden und muss in chemisch gebundene Kohle übergegangen sein, da die Analyse keine Verminderung (im Gegentheil eine scheinbare geringe Vermehrung) constatirt. Das Silicium ist bis auf Spuren verschwunden und ebenso wird eine sehr erhebliche Verminderung des Mangangehaltes constatirt.

Die Qualität stimmt ungefähr mit der Qualität des beim Einschmelzen im Frischherd niedergegangenen Roheisens; ganz lassen sich die Produkte und Zwischenprodukte beider Frischmethoden nicht vergleichen, weil die einzelnen Perioden durch ganz verschiedene Umstände in ihrer jeweiligen Ausdehnung bedingt werden.

§ 123. Trotz dieser Veränderung stellt der Einsatz nach vollendetem Einschmelzen ein durchaus dünnflüssig gewordenes Bad vor, welches mit ebenfalls dünnflüssiger Schlacke bedeckt und nun weiter zu oxydiren ist.

Die Schlacke, welche durch die Oxydation des Siliciums allmälig kieselsäurereicher geworden ist, nachdem sie anfänglich, beim Beginn des Schmelzens, reich an Eisenoxyd gewesen war, vermag nicht mehr in gleichem Maass zu oxydiren und es muss deshalb das Eisen selbst mit dem Gasstrom des Ofens in wiederholte Berührung gebracht werden.

Dies geschieht durch das Umwenden mit der Kratze, Krücke oder dem Haken, Geräthschaften, zur Handarbeit vornehmlich bestimmt, die auch zeitweilig durch andere Mittel und Construktionen ersetzt worden sind, ohne jedoch einen wirklich brauchbaren Ersatz gefunden zu haben.

Die Einwirkung der Luft oder der Ofengase geschieht natürlich um so besser, je länger die Furchen offen bleiben, welche das Geräth in dem Eisenbade hin- und herzieht. Anfänglich ist die Wirkung der Hitze und Dünnflüssigkeit des Bades halber unmerklich und erst nachdem die Krücke hellroth geworden ist und sich zu biegen anfängt, merkt man den Beginn der Oxydation.

Man kann deshalb durch abkühlende Mittel, Nachlassen des Feuers, theilweises Schliessen des Dämpfers auf der Esse oder der Klappe im Fuchse, besonders aber durch Nachsetzen von gaarenden Zuschlägen, Walzsinter, Hammerschlacke etc. in nassem Zustand die Wirkungen des Umkrückens beschleunigen, da sich alsdann das Bad verdickt und die Furchen länger offen bleiben.

Bespritzen mit Wasser ist zu verwerfen, da es einerseits durch Explosionen leicht gefährlich werden kann, andererseits den Ofenbau selbst vorzeitig und in stärkster Weise ruinirt.

An Stelle der genannten gaarenden Zusätze kann man auch reine und reiche Erze (Roth- oder Magneteisensteine) anwenden, wenn solche bequem zu Gebote stehen. Durch eine solche Manipulation wird wenigstens die im Bad grösstentheils steckende Verbrennungswärme des Siliciums ausgenutzt, welche verloren geht, wenn durch langsameres oder schnelleres Abkühlen auf andere Art die Temperatur des Bades erniedrigt wird.

Beginnt die Oxydation, so ist das erste Produkt derselben wiederum Magnetoxyd ($FeFe_2O_4$), welches in der Schlacke sich auflöst und dadurch in flüssigem Zustand und in feiner Vertheilung mit dem Eisen in Berührung gelangt. In Folge dieser intimen Berührung beginnt sehr bald und sowie die anfänglich erniedrigte Temperatur wieder etwas gestiegen ist, die Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlenoxyd. Diese kündigt sich durch einzelne bei der Durchfurchung des Bades auftretende Flämmchen an, nimmt aber bald so überhand, dass das ganze Bad zu kochen scheint, wobei die das Bad bedeckende Schlackenschicht schliesslich aus dem Ofen tritt und überläuft.

Da sich beim fortgesetzten Umkrücken des Bades hauptsächlich in den Furchen das meiste Magnetoxyd bildet, so nimmt das Kochen einen ungleichen Charakter an und es wechseln, was beim Bessemerprocess noch viel intensiver auftritt, scheinbare Ruhepausen mit heftigem Aufschäumen.

Je gleichmässiger das Rühren stattfindet, um so mehr verschwinden auch derartige Ungleichheiten und deshalb muss mit einem bestimmten System gearbeitet werden, wie etwa beim Mörtelmachen und beim Dreschen.

Man muss suchen, überall hinzukommen und gibt deshalb die erste Kratze dem Anfänger oder dem zweiten Gehülfen zu ziehen, während die zweite Kratze von einem Geübteren, dem ersten Gehülfen, geführt zu werden pflegt, besonders wenn während derselben gaarende Zusätze gegeben werden.

§ 124. Wenn das Roheisen ein ziemlich gaargehendes ist, macht man drei Kratzen warm, geht es dagegen roh, so kann man bis sechs Kratzen brauchen. Es richtet sich dies wie auch andere Verhältnisse des ganzen Processes nach den Nebenbestandtheilen des Roheisens und nach der mehr oder minder ausdrücklichen Forderung, die Nebenbestandtheile zu beseitigen — mindestens auf irgend ein Minimum zu bringen.

Der Schluss dieser ganzen Arbeit ist indicirt, sobald sich in dem Eisen einzelne Körner bilden, Kryställchen von mehr oder minder reinem Metall, welche in einer sehr geschwundenen Mutterlauge gekohlten Eisens vertheilt sind, aus der sie nach und nach zu Haufwerken, Spitzen hervortauchen und selbst über die Schlackendecke herauskommen, wenn die Krücke sie durchfurcht und seitlich zu Schollenreihen zusammengeschoben hat.

Sobald sich ein geringer Grad von Schweissbarkeit einstellt, ist es nicht mehr möglich, mit einer Kratze weiter zu kommen, man bedarf dann schon der weit energischer wirkenden, geschärften Brechstange, des Spitzes.

Das Eisen hat, wenn dies eintritt, eine mehr oder weniger stahlartige, nur noch schwachgekohlte Beschaffenheit, so dass man berechtigt war, was die meisten Schriftsteller thun, die Periode, innerhalb welcher gekratzt werden kann und muss, mit der Rohfrischperiode des Herdprocesses zu vergleichen. Beide stimmen durchaus nicht immer überein, besonders ist das Endprodukt des Rohfrischens im Herd meist etwas weiter in der Qualität als das stahlartige krümelig-flüssige Produkt der letzten Puddelofenkratze.

Die Vorgänge im Puddelofen bestehen während dieser Frist hauptsächlich in der beginnenden, bis zur stahlartigen Beschaffenheit des Bades fortschreitenden Entkohlung, dann in der daneben auftretenden, namentlich in Folge kühlender und gaarender Einsätze sich stärker äussernden Entphosphorung sowie in einer daneben sich weiter fortsetzenden geringfügigen Verminderung des Silicium- und Mangangehaltes.

Bezüglich darauf ist zu bemerken, dass die gaarenden Zusätze sowie die Schlacken oder die Eisenoxyde der Herdgarnitur, Eisen in das Bad zurückführen, so dass man wohl dahin kommen kann, eine Zunahme an Eisen auch der absoluten Menge nach constatiren zu müssen. Dadurch wird, auch ohne Abnahme des Kiesel- und Mangangehaltes, das relative Verhältniss derselben zum Eisen geändert, wie auch das der übrigen Nebenbestandtheile, und die Analysen von Proben gestatten deshalb nicht vollständig und ohne Weiteres die richtige Interpretation der Erscheinung und die Aufstellung von Diagrammen.

Es werden später uncorrigirte und corrigirte Verhältnisse nebeneinander gestellt werden, welche deutlich und klar darthun, wie bei Benutzung der Analysen verfahren werden muss.

Auf die Entphosphorung im Puddelofen ist innerhalb dieser Periode am meisten einzuwirken. Kühler Gang des Ofens, gesteigerte Einwirkung gaarender Sätze nach möglichster Beseitigung der Rohschlacke, wiederholte Entfernung der Schlacken kurz nach beendeter Reaktion der gaarenden Einsätze, sind die gewöhnlichen Mittel, wozu natürlich auch die entsprechende Zusammenstellung eines richtigen Satzes gehört und eines richtigen Verhältnisses der Nebenbestandtheile untereinander. Das gilt in erster Linie für das Verhältniss zwischen Silicium und Phosphor, wie aus praktischen, weiter unten speciell mitgetheilten Bemerkungen hervorgeht.

§ 125. Beginnt — wie oben bereits angedeutet — das Eisen zu krystallisiren (prendre nature, come to nature, Steigen — sind hierfür gebrauchte praktische Ausdrücke), so muss zum Spitz oder zur Stange gegriffen werden. Man durchsetzt (durchpflügt) das Eisen, indem man dafür Sorge trägt, keine Stelle des Herdes unberührt zu lassen, um alles Eisen abzulösen und nach Oben zu bringen.

Dieses Durchschlagen, was durch reichliche Glühspanbildung die Entkohlung rasch weiter führt, wird nunmehr sofort durch eine zweite Operation abgelöst, welche das Umsetzen genannt wird und zum Zweck hat, auch in horizontaler Richtung ein Vertauschen der Eisenportionen zu bewirken, da ein Apparat wie der Puddelofen, welcher von einer Seite befeuert wird, nicht an allen Stellen des Herdes gleich wirksam sein kann, ebensowenig hinsichtlich der Temperatur als hinsichtlich der chemischen Einflüsse. Das Eisen am Fuchs wird anders sein, als das der Mitte, dieses wieder anders als das der Feuerbrückengegend. Man muss dieses Umsetzen gleichzeitig rasch und doch mit Methode ausführen; jeder geschickte Puddler wird wohl im eigenen Interesse bald die richtige Disposition finden, aber es wird sich immer empfehlen, den Ofeninhalt diagonal zu theilen und die beiden dadurch gebildeten Portionen aneinander vorbeizuschieben, so dass eine die Stelle der anderen ungefähr einnimmt. Dann breitet man die Masse nochmals aus und theilt sie, sobald das Eisen anfängt, stärker zu schweissen. Man bildet mittelst Durchfurchen mit dem Spitz 4—6 Portionen und sucht dieselben zu Kuchen oder Kugeln zusammenzuballen. Durch vorsichtiges Umherwälzen der „Luppen“ klebt man alle einzelnen Stückchen Eisen noch an dieselben und vermeidet dadurch alle Verluste. In gleichem Sinn wirkt man durch schwache Feuerung auf die Verminderung der Oxydation ein, wiewohl ein gehöriges Aussaigern der Schlacke nur vortheilhaft ist und hierbei noch recht gründlich entphosphort werden kann.

Die Luppen, aus theilweise sehr losen, mit flüssiger Schlacke erfüllten Aggregaten von Eisenkryställchen bestehend, müssen sehr vorsichtig abgezängt, d. h. zu handlichen viereckig prismatischen Kolben abgeschmiedet und verdichtet werden, welche demnächst einem Walzwerk zur Verwandlung in Flachstäbe, der bequemsten Form für die spätere Verfeinerungsarbeit, zu übergeben sind.

(Wie wenig zuverlässig auch der Puddelprocess bezüglich der Qualität ist, geht aus der sorgfältigen Sortirung hervor, welche die besseren Eisenwerke allen Produkten ihrer Oefen angedeihen lassen.)

Die Theorie der letzten dem Gaarfrischen im Herd oftmals verglichenen Periode ist eine sehr einfache. Vollendung und Abschluss der Entkohlung und noch etwas Entphosphorung durch Bildung und Aussaigern eisenreicher Schlacken — wobei allerdings der hohe Eisenabbrand und die mögliche Reduktion von Phosphorsäure durch das weissglühende Eisen störend in den Weg treten können.

Kann man diese letzte Heizung sehr neutral gestalten in Bezug auf die Qualität der Ofengase, so erreicht man weitaus die besten Resultate, weshalb Gasfeuerungen dahin sehr vortheilhaft wirken, so unbequem sie auch in anderer Hinsicht zu sein vermögen.

§ 126. Der im Vorstehenden beschriebene, als normal oder typisch bezeichnete Puddelprocess modificirt sich (ohne zunächst die Arbeit auf ein anderes Produkt in Rücksicht zu ziehen) ausserordentlich je nach den Schwankungen des Materials sowie auch nach der in gewissem Maass auch veränderlichen Beschaffenheit des Brennstoffes.

Je nach dem Verhältniss zwischen den hauptsächlich in Betracht kommenden Bestandtheilen tritt eine verschiedene Dauer der Oxydation von Einzelnen derselben ein und würde Veränderungen des Resultats hervorrufen, wenn nicht eine Correktion durch bestimmte Maassregeln möglich wäre.

Ein wichtiger Faktor des Processes ist zunächst das Silicium, vielleicht der wichtigste, denn er beeinflusst in hohem Maass das Verhalten der Schlacke und man muss Sorge tragen, ihn in der gedachten Hinsicht möglichst unschädlich zu machen.

Schon die allerersten Erfahrungen mit dem Frischprocess in Flammöfen zeigten, dass siliciumreiches Eisen sich nur langsam oxydirte und einen bedeutenden Zeitaufwand verursachte, weil vor geschehener Verbrennung des Siliciums an kein eigentliches Frischen zu denken war, und weil dieses Frischen wiederum eine abermalige starke Anreicherung der Schlacken mit Eisenoxyd verlangte, ehe es überhaupt in Gang kommen konnte.

Die älteren wesentlich auf graues Eisen angewiesenen Puddelprocesse hatten, um das Verfahren sich zu erleichtern, ein Vorbereiten des Eisens eingeführt, welches in grösserem Maassstab (also relativ billiger als im Verlauf des Puddelprocesses selbst) und zu dem Zweck betrieben wurde, das Roheisen in weisses, ganz oder grösstentheils entsilicirtes Eisen umzuwandeln.

Wo ein siliciumarmes Eisen vorhanden war, brauchte man diese Vorbereitung nicht, welche unter dem Namen des Feinens, Weissmachens (Mazéage) bekannt war und einen regelmässigen Bestandtheil des Hüttenbetriebs mit mineralischen Brennstoffen bildete.

Nur für einzelne sub D. und E. zu erwähnende Processe hat die Entsilicirung eine vorübergehende Bedeutung gehabt — für den Puddelprocess ist sie vollkommen gegenstandslos geworden, da der Hochofenbetrieb in der Lage ist, nöthigenfalls ein siliciumarmes Roheisen selbst aus saueren Möllern zu liefern und der Puddler eben nur dann zu siliciumreichem Eisen greift, wenn er will und es nöthig hat.

Die Folge siliciumreichen graphitischen Eisens ist stets eine Verzögerung des ganzen Processes durch Rohgehen des Eisens; bei sehr heissem Einschmelzen wird dieses Verhalten noch gesteigert, weil dann die Entkohlung neben der Entsilicirung eintreten kann (wie bei der Discussion des Bessemerprocesses gezeigt und bewiesen werden soll) und die letztere weiter in den Process hineingezogen wird.

Die ökonomischen Folgen der Anwendung eines grossen Siliciumgehaltes sind vor Allem: die Bildung starken Eisenabganges, denn eine Neutralisation der Kieselsäure bis zum krystallisirbaren Singulosilikat muss stets eintreten und mit dem Quantum dieser neutralen Schlacke wächst ausserdem noch das Quantum der darin aufgelösten und zur Oxydation hauptsächlich mitwirkenden Magnetoxyde. Da man aber immer weiter oxydiren will, so steigt der Abbrand thatsächlich in einem vielfachen Verhältniss der Siliciumzunahme.

Man darf sich daher nicht wundern, wenn man im jetzigen Puddeleisen weniger Silicium findet als früher und es werden hierin ganz besondere Vorschriften gemacht, die aus bestimmten Erfahrungen der Puddler hervorgegangen sind und alle Berechtigung haben.

§ 127. **Das zweitnächste Element von Bedeutung ist das Mangan.** Wegen seiner grösseren Oxydirbarkeit bildet es von Anfang an einen wesentlichen Bestandtheil der Schlacken, wirkt ebenfalls wie das Eisen selbst auf die Oxydation des Siliciums ein, ist aber dem weiteren Verlauf des Oxydationsprocesses nicht in gleichem Maasse günstig, wie das Eisen selber.

Durch die Erfahrung wurde auch für den Puddelofen festgestellt, dass manganreiche Eisensorten langsamer gaaren als manganarme oder gar manganfreie und es ist durch weitere Untersuchungen ermittelt worden, dass das Mangansingulosilikat, Mn_2SiO_4, nicht die Lösungsfähigkeit dem Magnetoxyd $\left\{ \begin{matrix} Fe \\ Mn \end{matrix} \right\}_3 O_4$ gegenüber besitze wie das Eisenoxydulsilikat Fe_2SiO_4.

Dadurch verzögert sich der Puddelprocess, so lange noch Mangan oxydirt und erst das Ablassen eines Theils der Rohschlacken kann einen etwas energischen Fortgang der Oxydation veranlassen.

Da mit dieser Verzögerung natürlich dieselben ökonomischen Nachtheile verbunden sind (denn der Manganabbrand kostet mindestens ebensoviel, meist sogar mehr noch als der Eisenabbrand, da manganreichere Roheisensorten in der Regel höhere Preise haben), wendet man manganhaltige oder manganreiche Roheisensorten nur zu bestimmten Zwecken an oder stimmt damit den Mangangehalt von Gemischen ab.

Die Eisensorten, welche wesentlich nur Kohlenstoff, Silicium und Mangan enthalten und daneben nur Spuren fremder Bestandtheile, oder gar solche, in denen das Silicium noch ganz zurücktritt, sind eigentlich nur zu solchen Puddelprocessen zu gebrauchen, welche wie das Verfahren, Stahl zu puddeln, die Darstellung hochqualificirter Eisensorten zum Ziel haben und bei denen eine Verzögerung des Verfahrens erwünscht ist.

Qualitätspuddeleisen ist immer manganreicher als gewöhnliches Puddeleisen und wie seine Etiquette andeutet, ist es eben mehr Qualitätsmaterial.

Das manganreiche Eisen geht leichter ein als das manganärmere graue, aber schwerer als das manganärmere weisse, so dass das Puddeln dieses Qualitätsmaterials noch einen anderen Faktor des Rohganges, d. h. der Verzögerung nach sich zieht, das heissere Schmelzen. Man kann allerdings dadurch auch länger schmelzen und den Oxydationseffekt damit steigern — aber erheblich wird diese Steigerung kaum sein.

Diese einfach ausgesprochenen Verhältnisse compliciren sich natürlich ausserordentlich durch die übrigen Bestandtheile des Roheisens, die niemals ganz fehlen.

Ueberfliegt man die im II. Band S. 283 u. ff. gegebene Zusammenstellung der weissen Roheisensorten, so erkennt man die verschiedenartigsten Combinationen der Bestandtheile und nur bei wenigen der angeführten Werke ist eine gewisse Consequenz zu erkennen, z. B. bei dem Vulcan, der Georgs-Marienhütte, der Gutehoffnungshütte und den französischen Werken.

Der Mangangehalt wechselt bei den deutschen Sorten zwischen 0,5 und 5,0 Procent, während der Siliciumgehalt zwischen 0,2 und 1,00 wechselt; bei Gutehoffnungshütte wechselt derselbe allerdings nur zwischen 0,2 und 0,5.

Ganz anders verhalten sich die französischen Sorten, z. B. Creusot, bei denen der Siliciumgehalt mit dem Mangangehalt steigt; andere Werke zeigen auch hier Unregelmässigkeiten, welche im Puddelbetrieb wohl sicher durch Beimischen auszugleichen sein werden.

Ob viel oder wenig Mangan im Verhältniss zu Silicium da sein mag, immer wird es sich zeigen, dass Mangan und Silicium ziemlich gleichmässig nebeneinander verschwinden.

§ 128. **Ein weiteres, sehr wichtiges Element aller Puddelprocesse ist der Phosphorgehalt** des Roheisens; ein solcher kommt in den allermeisten weissen Roheisensorten vor und wird in den niederrheinischen Bezirken auf ca. 0,5 bis $1{,}3/_{00}$ je nach der Qualität des Roheisens, in Luxemburg und anderen Bezirken phosphorhaltiger Erze auf bis $1{,}5/_{00}$, in Ilsede bis auf $3{,}0/_{00}$ bemessen.

Wegen dieses regelmässigen Vorkommens in den meisten Roheisensorten, die der Puddelprocess verarbeitet, musste sich von Anfang an die theoretische Untersuchung mit dem Verhalten des Phosphors befassen, die praktische Thätigkeit dagegen auf Mittel sinnen, den Phosphor unschädlich zu machen, bezw. zu benutzen.

Die anfängliche Abweisung aller phosphorreicheren Eisensorten machte dieselben billiger als die übrigen und dadurch wurde man zu erneuten Versuchen getrieben, das phosphorhaltige Roheisen dennoch zu verwerthen und leidliche Produkte daraus herzustellen.

Am raschesten mussten diejenigen Bezirke vorgehen, welche auf die Verarbeitung phosphorreicher Roheisensorten angewiesen waren — wie die belgischen und einzelne der englischen Bezirke, z. B. der Bezirk von Cleveland.

Von dort gelangte die Kunst, phosphorreicheres Roheisen günstig zu verpuddeln, auch in andere Bezirke, wo unter dem Angebot verschiedener Roheisenqualitäten ein Vortheil in der Benutzung der billigsten Offerten gesucht werden musste.

Während man hierbei nach und nach die bereits § 31, S. 166 im Allgemeinen charakterisirte Erfahrung machte, dass die Beschaffenheit der Schlacken von grösstem Einfluss auf die Oxydation und Entfernung des Phosphors sei und dass bei sonstiger Abwesenheit fremder Bestandtheile eine gewisse Menge Phosphor unschädlich sei, war es schwieriger festzustellen, in welchem Stadium des Processes die Entphosphorung hauptsächlich stattfinde.

Bei dem Verpuddeln von halbirtem oder grauem Eisen, wie es §§ 122—125 geschildert worden ist, hatte man bereits den Nutzen gaarer Aussetzung des Herdes, gaarender Zuschläge und ähnlicher auf die Basicität der Schlacke einwirkender Verhältnisse und Mittel erkannt; Mangels chemischer Aufschlüsse wusste man indessen dennoch nicht genau, inwieweit das Verhalten des Phosphors an dieser Wendung des Processes Schuld war.

Erst die Erfahrungen der mechanischen Puddelmethoden gaben, in Verbindung mit unterdessen angestellten chemischen Untersuchungen des gewöhnlichen Puddelprocesses, einigen Aufschluss über die Vorgänge bei der Oxydation des Phosphors im Flammofenfrischen.

Ohne die Details jener auf Nimmerwiedersehen geschwundenen Versuche zu berühren, darf hervorgehoben werden, dass die mit verschiedenen Schlacken- und Erzfuttern ausgesetzten mechanischen Puddler der im Uebrigen verschiedensten constructiven Anordnung eine ausserordentlich weitgehende Entphosphorung des Eisens bewirkten.

Die Produkte der Oefen von Danks, Spencer, Crampton u. A., welche allesammt das phosphorreichste englische Eisen, das vom Clevelandbezirk, verarbeitet haben (mit ca. $1,5/_{00}$ P), zeichneten sich durch Weichheit und Zähigkeit aus, so dass sogar für gewisse Zwecke der seitherigen Verwendung eine Unbrauchbarkeit constatirt wurde. (Vgl. Schluss von § 29, S. 166.)

Dieser Effekt wurde nicht allein durch das Abschmelzen des vorzugsweise aus eisenreichem natürlichen oder künstlichen Material bestehenden, gewöhnlich sehr dicken Futters bewirkt, sondern dadurch, dass beim Einlassen des in Cupolöfen geschmolzenen Eisens, ein aus gaaren Schlacken und ebenfalls besonders (in Flammöfen) geschmolzenen Walzsinter, Schweiss- und Hammerschlacken hergestelltes Bad eisenreichen Materials vorhanden war, durch welches hindurch das zu frischende Eisen musste und mit welchem es bei der Drehung des Apparates wiederholt durcheinander geschüttelt wurde.

Es bildete sich eine Schlacke, welche auch nach geschehener Aufnahme der Kieselsäure von der Oxydation des Siliciums hinlänglich basisch war, um noch stark oxydirend zu wirken und welche somit zur weiteren Aufnahme der sich bildenden Phosphorsäure geeignet erschien.

Im Verlauf des Processes, namentlich, als das Eisen sich bildete und stieg, trat der grösste Theil der Schlacke aus der Arbeitsöffnung heraus, konnte aber auch schon vorher abgelassen werden, wenn Gefahr da war, dass dieselbe zu sauer (relativ) geworden sein könnte.

§ 129. Noch schärfer trat das Verhalten der Eisenoxyde gegenüber dem Phosphor bei den eigentlichen Entphosphorungsarbeiten hervor.

Einzelne derselben gaben ganz ausserordentliche Resultate, ausserordentlich in zweierlei Beziehung, einmal im Verhältniss des Zeitaufwandes, dann in der Ausdehnung der Entphosphorung.

Bei dem gleichzeitig von Bell und von Krupp im Jahr 1877 vorgeschlagenen Verfahren, Roheisen durch Behandeln mit reichen und reinen Eisenerzen zu reinigen, es aber dann noch flüssig abzuführen und weiter zu verwenden, machte man die Erfahrung, dass die Wirkung glühenden Eisenerzes auf darüber oder darauf geleitetes Roheisen eine fast augenblickliche war.

Bell machte 1878 noch Versuche, in verschieden geformten Oefen diese Erzreaktion auszuführen und wollte dann das Produkt in rotirenden und anderen Puddelöfen verpuddeln. Der im Jahr 1878 in England auftauchende basische Process machte bekanntlich dem Bell'schen Verfahren den Garaus, ehe es noch vollständig entwickelt war.

Der Verfasser sah aber 1878 noch einen von Spencer geleiteten Versuch auf Clarence Iron works, bei welchem die „Feinung" des flüssigen Roheisens momentan und explosionsartig verlief. Das Produkt war eine porös-schwammige Masse von weisser Farbe, erfüllt von bunten Blasenräumen.

Es zeigte sich im Durchschnitt mehrerer Experimente eine Verminderung
des Kohlenstoffs von 3,637 auf 3,227 Procent,
des Phosphors von 1,351 auf 0,109 Procent,
des Letzteren also um 91 Procent des ursprünglichen Gehalts.

Setzte man die Entkohlung noch weiter fort, so ergaben sich noch weiter gehende Verminderungen des Phosphors, d. h. bis zu $95/_{00}$ des ursprünglichen Gehaltes.

Bei der Durchführung der Versuche constatirte Bell noch, dass die Form der Eisenoxyde ziemlich gleich sei in Betracht der Wirkung des Processes. (Journal of the Iron and Steel Institute, 1877, p. 108.)

Was den Krupp'schen Process anlangt, den die Ingenieure Th. Narjes und Dr. August Bender erfunden und ausgebildet haben — ersterer angeblich „auf Grund der an der Berliner Bergakademie gehörten Vorträge über Eisenhüttenkunde, worin die Hindernisse der Entphosphorung auseinandergesetzt und der Weg zur Erreichung derselben durch Anwendung von Schlackenfuttern angedeutet worden war" (Weddings eigene Worte in: Schmiedbares Eisen, erster Ergänzungsband 1884, S. 11) — so hat derselbe zwar eher eine fabrikationsmässige Gestalt bekommen, aber doch auch nur zwei Jahre gelebt.

Holley theilt (Transactions of the American Institute of Mining Engineer, Vol. III, 1880, p. 156, deutsch von Gregor im 1. Heft der Referate des Technischen Vereins für Eisenhüttenwesen, 1879, S. 11) mehrere analytische Belege mit, welche von theoretischem Interesse sind und hier unten mitgetheilt werden sollen. Uebereinstimmend geht die ausserordentlich rasche Wirkung der Erze aus

den gemachten Analysen hervor, da schon die erste während der Einwirkung der Erze genommene Probe die stärkste Abminderung des Phosphorgehaltes zeigte.

Die Ausführung selber bietet wenig Interesse mehr, doch werden im dritten Kapitel einige Installationen besprochen werden, die constructiv einiges Interesse für sich in Anspruch nehmen.

§ 130. Ein Roheisen von der Gesellschaft Phönix

	C	*Si*	*P*	*S*	*Mn*	*Cu*
enthielt	3,00	0,39	0,74	0,09	2,32	0,14
und ergab nach einer Behandlung mit Erz						
von 4 Minuten	3,27	0,02	0,16	0,024	0,038	0,15
„ 5½ „	3,27	0,01	0,146	0,026	0,116	0,14
„ 7 „	3,32	0,023	0,106	0,029	0,058	0,143

Die resultirende Schlacke enthielt:

SiO_2	13,0
Fe_2O_3	51,0
Mn_2O_3	16,6
Al_2O_3	11,6
CaO	0,7
P_2O_5	6,0
SO_3	0,2
Cu	Sp.

In Betreff der Schlacke wurde noch die Erfahrung gemacht, dass dieselbe nicht über ein gewisses Maass hinaus (höchstens $20/_{00}$) Kieselsäure enthalten dürfe, weil sonst die Entphosphorung abnehme — eine Erfahrung, der man ja auch beim Thomasprocess begegnet ist. Enthält das Erz zuviel Kieselsäure und das Roheisen zuviel Silicium, so wird das Verfahren wirkungslos. Einen Siliciumgehalt des Roheisens von mehr als $1/_{00}$ konnte man noch durch Kalkzuschläge balanciren; ein kieselsäurereiches Erz zeigte sich unter allen Verhältnissen verhängnissvoll.

Das aus dem betreffenden Metall mit Zusätzen von Stahldrehspänen und Ferromangan hergestellte Stahlplattenmaterial zeigte nur noch $0{,}081/_{00}$ Phosphor.

Versuche, Roheisen von Ilsede und aus Luxemburg vorzubereiten und dann zu verpuddeln, ergaben nachstehende Resultate:

	Versuche mit Ilseder Roheisen.		Versuche mit Luxemburger Roheisen.	
	Das Reinigungserz	Die resultirende Schlacke	Das Reinigungserz	Die resultirende Schlacke
SiO_2	4,80	10,40	7,6	9,5
Fe_2O_3	52,60	41,00	65,0	70,3
Mn_2O_3	8,36	19,30	0,2	2,1
Al_2O_3	1,20	2,00	3,0	4,1
CaO	11,73	7,30	10,2	1,9
MgO	0,80	0,70	2,7	0,3
P_2O_5	3,83	20,00	2,2	11,5
CO_2	7,90	—	0,1	0,3
H_2O	7,80	—	9,0	—

	Das Roheisen	Das gefeinte Eisen	Die Puddelstäbe	Das Roheisen	Das gefeinte Eisen	Die Puddelstäbe
C	2,50	2,40	—	{3,40 3,10}	—	—
Si	{0,20 0,31}	Sp.	—	{0,46 0,59}	Sp.	—
P	2,92	{0,65 0,90}	0,088	{2,23 2,09}	{0,65 0,95}	{0,06 0,15}
Mn	2,61	Sp.	—	{0,18 0,19}	—	—

Die Schlackenanalysen ergeben nur Eisenoxyd und Manganoxyd, was wohl kritisirbar ist, da jedenfalls ein Theil der beiden Metalle als Oxydul in der Schlacke war.

Diese Versuche von Bell und Krupp, denen sich eine ganze Reihe anderer anschliessen lässt, welche ein wenn möglich noch mehr als ephemeres Dasein geführt haben, ergeben aufs Deutlichste, dass die Oxydation des Phosphors sich nahezu gleichzeitig mit der des Siliciums und des Mangans vollzieht, sofern nur eine hinlänglich basische Schlacke vorhanden ist.

Die Schlacke des Puddelprocesses und ihre Veränderungen.

§ 131. Die Schlacke ist überhaupt der Träger des ganzen Verfahrens und fast wie bei dem Hochofenbetrieb kann man die Führung des Puddelprocesses eine Schlackenarbeit nennen.

In diesem Sinne sind Arbeiten von den belgischen Ingenieuren Urbin und Wolters von Wichtigkeit, da sie hauptsächlich die wechselnde Zusammensetzung der Schlacken mit dem Verlauf des ganzen Processes in Verbindung zu bringen suchen.

Urbin (Guide pratique pour le puddlage du fer et de l'acier — mémoire couronné etc. Liège 1867) stellt von vornherein als Princip auf, dass das beste Produkt, welches ein Roheisen durch Verpuddeln geben könne, immer das unter solchen Umständen gekohlteste, im Uebrigen aber reinste Eisen sei. Dann setzt er sich zum Ziel, zu beweisen: dass der Puddler, um jenes zu erreichen, danach streben müsse, vor dem Krümligwerden des Satzes eine hinlänglich basische Eisenoxydulschlacke zu bilden, in welcher Eisenoxyd nicht mehr vorhanden sei.

Unter den einleitenden Bemerkungen zu diesem Beweise bringt Urbin an erster Stelle eine Eintheilung des Puddelprocesses in fünf Perioden vor, welche von der in Deutschland und auch theilweise in Frankreich üblichen abweicht und in einem Punkt auch lebhaften Widerspruch gefunden hat. Urbin unterscheidet:

1. Das Einschmelzen des Roheisens, wobei ein Theil desselben in Oxydoxydul verwandelt wird, welches sich mit den vorher eingesetzten Schlacken verbindet und zunächst die Reinigung, dann die Entkohlung des Eisens veranlasst.
2. Die Reinigung des Roheisens, in der Oxydation des grössten Theils der fremden Bestandtheile bestehend, würde mit dem Begriff des Rohfrischens wohl zusammenfallen, wiewohl ein Theil des letzteren bereits beim Einschmelzen verlaufen ist.
3. Das Kornfrischen (affinage à grain), die ganze Entkohlungsarbeit umfassend, deren Endprodukt eben das Eisenkorn ist, welches im Bade sich plötzlich ausscheidet und dasselbe zuerst dick, dann krümlig macht.
4. Die Kohlung des Korns (carburation du grain), welche in einer Verbesserung des mehr oder minder entkohlten Kornes durch eine sehr mässige Rückkohlung aus der entsprechend zu regelnden Flamme besteht*).
5. Das letzte Frischen durch die Flamme, überall in Anwendung, wo das Produkt durchaus sehnig sein soll und selbst bei der Produktion von Feinkorn nicht zu umgehen, sobald sich stahlartige Partien gebildet haben sollten.

§ 132. Urbin würde die hierunter angemerkten Widersprüche nicht provocirt haben, wenn er von unterscheidbaren Vorgängen, nicht von Perioden gesprochen hätte.

Die vorerwähnten fünf Vorgänge werden sich in der That nicht scharf von einander trennen, sondern ebensolche oder ähnliche Uebergänge zeigen, wie die Perioden, welche die deutschen Schriftsteller zu unterscheiden pflegen.

Einzelne derselben fallen auch vollständig fort, wenn das Produkt danach ist. Beim Puddeln auf Stahl z. B. existirt die letzte Periode nicht und die beiden letzten treten überhaupt nur insoweit in Wirksamkeit als die Eisencarburirung, d. h. der Kohlegehalt des Eisens, wie man ihn am Schluss der Kornbildung im Satze noch constatirt, es erfordert, um das verlangte Produkt zu erhalten.

Ebenso entscheidet aber auch dieser Rückhalt an Kohlenstoff, den man am Ende des Kornfrischens constatirt, bei der Wahl des Roheisens, welches einer gegebenen Arbeit zur Grundlage, zum Ausgangspunkt dienen soll.

Jedes hochgekohlte Eisen, welches, wie Urbin sich ausdrückt, seinen Kohlenstoff mit sehr viel Kraft zurückhält (welches mithin noch verschiedene den Eintritt und Verlauf der Entkohlung erschwerende Nebenbestandtheile führt), wird bei gleicher Arbeit und in derselben Periode zweifellos ein stärker gekohltes Eisen geben, als ein Roheisen, welches weniger Kohlenstoff enthält und denselben williger gehen lässt.

Man wird naturgemäss das kohlereichere, vorhergehende Eisen für die Fabrikation stahlartiger, kohlestoffreicherer Produkte sich reserviren, besonders weil nach Urbin die kohlende Behandlung in der vierten Periode abgekürzt werden kann. Dagegen wird ein Eisen, welches gleich nach der Bildung des Korns ein zur Sehnebildung hinlänglich gekohltes Produkt darstellt, die beiden letzten Vorgänge fast unnöthig oder nutzlos machen — obwohl man durch deren Benutzung die Qualität des Eisens wesentlich bessert, da die Sehne feiner wird.

*) Besonders heftig hat sich Wedding — Schmiedbares Eisen, S. 219 gegen Urbin's Ansicht geäussert; die von ihm wiedergegebenen Stellen der Urbin'schen Arbeit stimmen indess so wenig mit dem Original überein, dass man die angezogene deutsche Bearbeitung (Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1867, S. 179 und Kerpely's Fortschritte, S. 152) als eine recht schlechte nur bezeichnen kann. Der Fall beweist, wie gut es ist, auf die Quellen selbst zurückzugreifen. Auf die Widersprüche selbst wird in den folgenden §§ noch näher einzugehen sein.

§ 133. Die Anschauungen Urbin's betreffs der Schlacken des Puddelprocesses gipfeln in den folgenden Behauptungen:

Die Wirkung der Schlacke auf das Roheisen ist stets oxydirend; nur durch die Vermittelung der Schlacke wird das Roheisen gereinigt und zu körnigem Eisen gefrischt. Da man aber das Sauerstoffquantum, was mit dem Roheisensatz zusammengebracht wird, nicht im Voraus bestimmen kann, so sind sowohl der Grad der Reinheit als auch der Kohlegehalt des körnigen Produkts in zwei verschiedenen Operationen niemals die gleichen.

Die Wirkung der Schlacke, welche im Verlauf des Kornfrischens im Bade sich befindet, auf das Eisen, ist sowohl eine physikalische als eine chemische. Urbin nennt diese Schlacke laitier d'affinage à grain, Schlacke des Kornfrischens; diese Benennung fällt mit dem allgemeinen Begriff Gaarschlacke nicht ganz zusammen, da sie nur die Schlackenzusammensetzung im Verlauf des Kornfrischens charakterisiren soll.

Die physikalische Wirkung der Schlacke in diesem Zeitpunkt soll nunmehr darin bestehen, dass von ihrem Flüssigkeitsgrad wesentlich die Korngrösse der Eisenausscheidung abhängig ist, in dem Sinne, dass aus einer dünnflüssigen Schlacke ein feineres Korn, aus einer dickflüssigen ein gröberes Korn sich ausscheidet.

Obwohl nun die jeweilige Temperatur des Ofens einen grossen Antheil am Flüssigkeitsgrad der Schlacke hat, so wirkt doch besonders die chemische Zusammensetzung auf den Flüssigkeitsgrad ein.

Ein Eisenoxydulsilikat (wenn es nicht zu basisch ist) repräsentirt nach Urbin deshalb die leichtflüssigste Schlacke, während ein Eisenoxydsilikat(?!) im Puddelofen unschmelzbar sein soll; aus diesen Gründen soll ein Oxydulsilikat auch stets das feinste Korn des Eisens geben.

Hierzu muss bemerkt werden, dass es, wie Wedding richtig hervorhebt, keinerlei Beweis für die Existenz eines basischeren Eisenoxydulsilikats gibt, als das normale von der Form $Fe_2\ SiO_4$ ist und dass auch die bekannten Analysen von Puddelschlacken niemals basische Oxydulsilikate ohne Gehalt an Eisenoxyd nachgewiesen haben.

Mit den Ausdrücken Silicate ferreux und Silicate ferrique wird Urbin wohl im Grossen und Ganzen Silikate einerseits mit vorherrschendem Eisenoxydul, andrerseits mit vorherrschendem Eisenoxyd gemeint haben, da von einer scharfen Trennung der beiden Silikate keine Rede sein kann.

Die chemische Wirkung, welche Urbin der Schlackenqualität zuschreibt, beweist auch, wie er sich die Zusammensetzung denkt.

Die beste Schlacke ist auch hierfür eine Oxydulschlacke, doch muss sie hinlänglich basisch sein, um das Eisen zu reinigen und nachher seine Rückkohlung zu unterstützen(?!), welche folgendermaassen vor sich geht.

Während der Reinigung des Eisens reagirt das Eisenoxydul der Schlacke (auch) auf den Kohlenstoff des Roheisens und des Eisens und es bilden sich zahlreiche Blasen von Kohlenoxyd, die bei ihrem Entweichen die Eisenkörnchen fortwährend auf die Oberfläche des flüssigen Bades führen, wo sie sowohl von dem Kohlenoxyd, als auch von dem Kohlenstoff, der in der Flamme suspendirt ist, gekohlt werden.

Urbin nahm also an, dass nur das Eisenoxydul die Frischarbeit vollzieht und dazu in beliebiger Silikatstufe in der Schlacke vorhanden sein könnte.

Diese Ansicht ist irrig, obwohl sie von Wedding nicht kritisirt wurde und beruht auf einer Unkenntniss der wirklichen chemischen Vorgänge, wie sie ganz natürlich ist, wenn ein solcher Process nicht mit Analysen verfolgt wird.

§ 134. Die Rückkohlungsfrage, die hierbei in eine ziemlich lose Verbindung mit der Schlackenfrage gebracht wird, kann man wohl nicht so ohne Weiteres abfertigen, wie es von anderer Seite geschehen ist.

Das in feinen Krystallen sich abscheidende ausserordentlich heisse Eisen ist wohl als ebenso empfindlich anzusehen wie der im Hochofen niedergehende Eisenschwamm und vermag wohl ebenso wie dieser aus einem hinlänglich mit Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff und fester Kohle beladenen Gasstrom Kohle zu einer immerhin nur leichten Kohlung herauszunehmen.

Jedenfalls wirkt auf ausgeschiedenes reines Eisen ein solcher kohlenstoffreiner Gasstrom nicht mehr bloss die Entkohlung verzögernd, sondern eventuell rückkohlend.

Die Anschauung Urbin's von der Schlackenführung ist durchaus nicht unpraktisch, denn sie gibt genau an, dass man, während die Arbeit der Einschmelzung und des Rohfrischens (épuration), sogar die des Gaarfrischens auf Korn (affinage à grain) eine ziemlich rohe sein kann, gegen Ende des Gaarfrischens vorsichtiger operiren und die Qualität des Eisens durch Feuerführung und durch Abstimmen der Schlacke bestimmen muss.

Die letztere darf dann nicht mehr oxydirend wirken, muss sehr heiss und dünnflüssig sein und muss einer eventuellen Rückkohlung keinen Widerstand leisten. Wenn auch die Schlacke nicht absolut oxydfrei sein wird und sein kann, wie Urbin meint, so muss doch der Kieselsäuregehalt ein solcher sein, dass die Schlacke nur wenig oxydirt, um ein recht feines Korn oder eine recht feine Sehne zu geben. Das

Aufkochen durch das Entweichen des Kohlenoxyds dauert länger und dieselben Eisenkryställchen werden wiederholt an die Oberfläche des Bades getrieben, können besser von den anderen Nebenbestandtheilen befreit und auch feiner vertheilt werden.

Daher wird beobachtet, dass ein länger dauerndes Gaarfrischen stets ein sehr feines Korn in der Rohschiene liefert, während eine durch stark oxydirende Mittel und Zusätze beschleunigte Entkohlungsarbeit nur roh zusammengeschweisste Krümel- und Haufwerke gibt, welche der Zähflüssigkeit der Schlacke halber nicht so lange einen wiederholten Contakt mit der Schlacke hatten.

§ 135. Betreffs der Schlackenführung macht Urbin noch folgende Mittheilungen aus der belgischen Praxis.

Die belgischen Puddler unterscheiden heissen Gang, kalten Gang und trockenen Gang des Puddelofens und beurtheilen den Gang eines Processes hauptsächlich nach der Schlacke und ihrem physikalischen Charakter.

Der trockene Gang, der auch hier und da seiner teigigen Schlacke wegen mit dem Ausdruck kalter Gang bezeichnet wird, hat eine sehr stark mit Oxyd beladene, zwar hell glühende aber trotzdem dickflüssige oder krümlige Schlacke, eine eisenreiche Gaarschlacke. Das Eisen fällt dabei vorwiegend mit grobem Korn, oder mit dunkler Sehne, ist fast immer rothbrüchig und schweisst sehr schlecht, weil die strengflüssige Schlacke das Eisen beim Schweissen weder vor dem Einfluss der Luft schützen, noch durch Aufnahme und Entfernung der sich bildenden Glühspanrinden zur Herstellung von reinen Schweissflächen beitragen kann.

Der kalte Gang, oft auch als trockener Gang bezeichnet*), weil das Produkt desselben ein trockenes (noch rohes) Eisen, mit deutlichem Kalt- und Rothbruch ist, hat eine dünnflüssige, magere, sauere Schlacke (sauer im Gegensatz zu der basischen Oxydulschlacke). Diese Schlacke fliesst leicht an der Luft, ist also dünnflüssig und erstarrt langsam; die Farbe in der Schmelzhitze ist röthlich-gelb und sticht namentlich gegen die hellere Farbe der Normalschlacke ab.

Die Hauptveranlassung zur Bildung der zu saueren Schlacke ist ein hoher Siliciumgehalt des Roheisens, ein allerdings gewöhnliches Vorkommniss in den belgischen Hüttenwerken.

Der heisse Gang, der normale Gang, gibt allein ein hinlänglich gereinigtes Eisen mit dem erforderlichen Kohlegehalt. Die oxydulreiche, basische Schlacke, welche diesen Gang hervorruft, ist die einzige, welche alle Bedingungen der Herstellung eines gut durchgearbeiteten Eisens vereinigt, denn:

1. die Schlacke entkohlt das Roheisen langsam, so dass das vorzeitige Zusammenschweissen der Eisenkörner möglichst verzögert wird;
2. die Schlacke ist ausserordentlich dünnflüssig und beweglich, was ebenfalls dazu beiträgt, die Eisenkrystalle gut auszuwaschen;
3. die Schlacke enthält Oxyd genug(!), um die Wirbelbewegung der Eisenkrystalle, durch die Kohlenoxydentwickelung hinreichend lange aufrecht zu erhalten.

Die Farbe dieser normalen Schlacke im Ofen ist blendend weiss, sie erstarrt in Folge eigener Oxydation ziemlich rasch an der Luft und hat ein fettes Aussehen.

Das Produkt des heissen Ganges hält eine sehr leichtflüssige Schlacke zurück, welche aus den Stäben beim nochmaligen Ausschweissen heraustritt, sie vor zu starker Oxydation schützt und das Schweissen derselben dadurch befördert, dass sie die Oxyde absorbirt, welche die Stäbe bedecken.

§ 136. Die Mittel, nach Bedarf die Zusammensetzung der Schlacken zu verändern, sind nach Urbin sehr zahlreich und beruhen in der Feuerführung, der Mischung des Satzes, der Arbeitsleitung und der Anwendung verschiedener Zusätze.

Die Feuerführung producirt ein Gasgemisch, welches je nach Willkür, stark oxydirend oder stark reducirend, endlich auch neutral sein kann, wiewohl man die von Urbin hingestellte Behauptung, dass entweder Sauerstoff oder Kohlenstoff in feinster Vertheilung in der Flamme anwesend seien, nicht wörtlich acceptiren darf. Sehr viel Vertrauen scheint auch Urbin nicht in die Wirksamkeit der Feuerbeschaffenheit zu setzen, da er sagt: Es sei wohl unbestreitbar, dass der Erfolg eines Puddelprocesses von einer guten Führung des Feuers abhinge, doch sei oft die Wirkung der Flamme zu langsam, um **in ökonomischer Weise** das gewünschte Resultat zu erreichen.

An einer anderen Stelle der Arbeit (S. 23), wo der Verfasser die Kohlenqualität behandelt, steht wieder der Satz, dass der Puddler nach Willkür eine Flamme von oxydirender oder reducirender und kohlender Beschaffenheit hervorbringen solle, deren Wirkung sich auf die ganze Herdsohle erstrecken müsse. Im Anschluss daran wendet er sich gegen das Missverständniss der Worte kalt

*) Hierzu macht Urbin die interessante Anmerkung, dass der Rothbruch, der durch eingelagerte Schlacken oder Oxyde bewirkt wird, häufig dem Schwefel zugeschrieben würde. Es gäbe ein Mittel dies genau festzustellen und dieses Mittel bestände im Paketiren und Schweissen des zu untersuchenden Eisens. Wird die Erhitzung hierbei sehr gut durchgeführt, so verschwindet der Fehler des Eisens vollständig, sobald er bloss aus einem fehlerhaften Gang des Puddelofens herrührt, während er bleibt, wenn ein hinlänglicher Schwefelgehalt vorhanden ist.

und warm in der Arbeits- und Kunstsprache der Puddler und behauptet, dass aus diesem Missverständniss viele verfehlte Ofenconstruktionen hervorgegangen seien. Eine grosse Hitze sei wohl in sehr vielen Fällen nothwendig, wenn es sich indess nur um das Erzielen einer sehr hohen Temperatur handle, so könne man dies ökonomischer erreichen als im Puddelofen.

Kalt und **warm** sage der Puddler stets im Hinblick auf die Beschaffenheit eines Schlackenbades, nicht im Hinblick auf die Temperatur des Ofens. In ganz gleicher Ofentemperatur heisse eine normale Gaarschlacke warm; eine sauere Rohschlacke und eine schwalartige Gaarschlacke nenne der Puddler dagegen kalt.

Dagegen stellt Urbin als sicher hin, dass alle fetten Kohlen leichter eine warme normale Schlacke gäben, weil sie leichter eine kräftig reducirende Flamme hätten, sowohl durch reichliche Abscheidung gasförmiger Produkte, als auch durch reichliche Kohlenstoffausscheidung in der Flamme.

Die magere Kohle mit kurzer Flamme verbrenne eher mit einer an Kohlensäure reichen Flamme und deshalb würde das hierbei gepuddelte Eisen leicht verbrannt und grosskörnig.

In einer Anmerkung hierzu betont Urbin ganz besonders die Erfahrung belgischer Puddler, dass dasselbe Roheisengemisch in gleichgeführtem Process, ein um so kohlereicheres Produkt gäbe, als die Kohle der Feuerung fett gewesen sei und seiner Ansicht nach werde durch diese unbezweifelte Thatsache ein neuer Beweis dafür geliefert, dass die Schmelzung des Eisens im Kornfrischen einer, wenn auch nur mässigen, Wiederkohlung des Eisens in russender Flamme zuzuschreiben sei.

Die Wirkung der mageren Kohle könnte verbessert werden, durch Zuführung von Kohlenoxyd oder durch Einführen von Kohlenstaub in die Flamme; wenn diese Manipulationen oder Vorgänge technisch unausführbar erscheinen, muss durch Abänderungen in der Ofenbauart die Wirkung der Kohle verändert werden.

Auf die diesbezüglichen Vorschläge Urbin's wird bei der Construktion der Puddelöfen zurückzukommen sein. (Dritter Abschnitt.)

§ 137. Die richtige Mischung, d. h. die Zusammenstellung des Satzes ist eigentlich das sicherste Mittel ein regelmässiges Produkt zu fabriciren, weil die Arbeit dadurch vom Puddler selbst nie abhängig gemacht werden kann (obgleich manche Gemische noch grössere Sorgfalt von Seiten des Arbeiters verlangen).

Die Zwecke der Mischungen sind: 1. Gaaren des Satzes,
2. Rohermachen desselben,
3. Kohlen des Eisens.

Die meisten belgischen Puddeleisensorten gaaren eher zu viel als zu wenig; nur die siliciumreicheren darunter verlangen den Zusatz leichter oder rascher gaarender Sorten. Eine kleine Menge reineren und schwächer gekohlten Eisens genügt in diesem Fall, um die Arbeit leichter zu machen und eine höhere Eisenqualität zu erlangen. Doch fällt diese Art Mischung schliesslich dennoch mit der Mischung zum Zweck 2. zusammen, welche von hauptsächlicher Wichtigkeit im Puddelbetriebe ist.

Vom Augenblick an, wo der Puddler Schwierigkeiten in der hinlänglichen Verminderung des Eisenoxyds durch die Ofenflamme findet, muss ein Roheisenzusatz versucht werden, welcher die Arbeit etwas roher macht.

Das Zusatzeisen muss sich leicht frischen, damit der beim Einschmelzen gebildete Eisenoxydüberschuss der Schlacke noch vor dem Eintritt des Kornfrischens beseitigt sei. Diese Reaktion ist besonders fühlbar beim Puddeln auf Feinkorn und auf Stahl; der Arbeiter beurtheilt sogar nach dem Eisensatz, der sich während des Rohfrischens auf der Sohle gesammelt hat, den richtigen Augenblick für den Beginn des Puddelns, immer natürlich mit Rücksicht auf das behandelte Eisen und die im Ofen befindliche Schlacke.

Mit dem Fortschreiten des Umkrückens verschwindet der Satz und nach Maassgabe dieses Verschwindens wird die Schlacke heisser und basischer, d. h. reicher an Eisen.

Obwohl dieser Vorgang beim Puddeln auf gewöhnliches Eisen minder greifbar, bezw. nachweisbar ist, so findet er auch da stets statt.

Die Auswahl des Zusatzroheisens und die Bestimmung der Menge desselben hängen ab vom Verhalten des verarbeiteten Roheisens und seine Eigenthümlichkeiten fallen umsoweniger ins Gewicht, je geringfügiger der Zusatz ist; immer natürlich ist ihr Verhalten dem anderer Eisen gegenüber bestimmend für die Wahl im Allgemeinen.

Manche Cokesspiegeleisen zum Beispiel geben beim Einschmelzen eine solche Menge Magnetoxydschlacke, dass sie wie mit einer Krätze davon bedeckt erscheinen und dass diese Decke das Eintreten der Entkohlung wesentlich hindert. Diese (gewöhnlich siliciumfreien) Roheisensorten geben, allein ver-

arbeitet, ein schlechtes Eisen, da die reducirendste Flamme des Ofens nicht im Stande ist, den Eisenoxydüberschuss vor dem Eintritt der Entkohlung zu reduciren. Setzt man hierzu ein kaltbrüchiges Roheisen auch mit hohem Siliciumgehalt, so fabricirt man gutes Feinkorn, ohne Spuren von Kaltbruch, sobald die Arbeit richtig geführt wurde.

Bei den im Einschmelzen stark sich oxydirenden Roheisensorten tritt die Entkohlung spät ein; bei einem Zusatz von Kaltbruch ändert sich die Sache, und ohne der Eisenqualität durch das phosphorhaltige Eisen zu schaden, bekommt man eher brauchbare Produkte.

Diese von Urbin vorgetragene Erfahrung lässt sich dadurch erklären, dass die starke Oxydation des Eisens, verbunden mit der durch Zugmässigung etc. bewirkten Russung der Flamme, die Temperatur fortdauernd so niedrig hält, dass der Kohlenstoff nicht verbrennen kann und erst dann sich zu oxydiren beginnt, wenn die Temperatur gestiegen ist.

§ 138. Betreffs der Mischung eines hochgekohlten Eisens mit einem raschfrischenden Eisen behufs Kohlung des letzteren, muss sehr sorgfältig verfahren werden, wenn eine derartige Arbeit Vortheil bringen soll.

Man mischt oftmals Kaltbruch mit festem Roheisen, um starkes Eisen herzustellen; die Aufgabe des Puddlers ist es nun, die Vereinigung dieser beiden Sorten in angemessener Weise zu bewerkstelligen.

Bei gleichzeitigem kalten Einsetzen beider Eisensorten würde der Kaltbruch zuerst zu frischen anfangen und es bilden sich Anhäufungen von Eisenkrystallen, welche an Qualität einbüssen, statt zu gewinnen und von denen sogar ein Theil verbrennt. Die in den Krumen eingeschlossene Schlacke entkohlt das Eisen immer weiter und hindert die Einwirkung der Flamme; da aber andrerseits dieses frühzeitig gebildete Eisen den Arbeiter mehr oder weniger in der Manipulation genirt, wird es bei Seite geschoben und später mit dem unterdessen gefrischten Eisen zusammen zu Luppen verarbeitet, wobei natürlich ein homogenes Produkt nicht entstehen kann.

Soll dagegen ein gutes Resultat erfolgen, so müssen beide Roheisenarten zu gleicher Zeit frischen und da das Frischen des stärkeren Eisens doch länger dauert als das des Kaltbruchs, so kann man das aus dem letzteren bereits ausgeschiedene Eisen durch das Kohlenoxyd des weitergehenden Frischprocesses sowohl als durch die Flamme noch so lange gekohlt erhalten, bis das andere Eisen den gleichen Grad der Entkohlung erreicht hat.

Wenn es auch nicht immer gelingt, ein absolut homogenes Produkt auf diese Weise zu erhalten, so bildet sich doch mindestens ein ziemlich gleichartiges Gemisch beider Eisenarten.

Eine gewisse Hilfe bei dieser Verarbeitung von Gemischen liegt noch im verschiedenen Besetzen; man setzt zum Beispiel das rascher gehende Eisen kalt ein, um sein Schmelzen möglichst zu verzögern, wogegen das langsamer gehende Material in vorgewärmtem Zustand einzutragen ist.

Der Beginn des Frischens ist bei jedem Bestandtheil der Mischung leicht zu erkennen, weil das starke Roheisen stets ein feineres Korn als das andere Eisen gibt.

Diese gegenseitige Kohlung der Bestandtheile des Einsatzes erweist sich auch in Belgien besonders vortheilhaft für die Darstellung von Feinkorn und Stahl. Das Spiegeleisen z. B. kann sehr gut und sehr vortheilhaft verwendet werden, um den Satz kohlenstoffreicher zu machen, da es neben dem Maximum an gebundener Kohle nur Spuren anderer Bestandtheile enthält.

Die Spiegeleisensorten frischen allerdings schwer (und nur bei hoher Temperatur), aber die Entkohlung, einmal begonnen, verläuft rasch und trifft der Puddler den Moment des Spiegeleisenzusatzes genau, so umgibt er nach Urbin's Ausdruck jedes sich abscheidende Eisenkorn mit einer kohlenden Hülle oder Atmosphäre. Rohgehende, mehr oder minder reine Eisensorten finden in der vorbezeichneten Weise und als kohlereiche Zusätze Verwendung, die für sich nur wenig brauchbare Produkte gegeben haben würden.

Dass bei allen diesen Kunstgriffen auch die Arbeitsleitung eine erhebliche Rolle spielt, ist klar. Durch die Art der Arbeit vermag der Puddler die verschiedenen Reaktionen hervorzurufen und auch zu hindern, resp. ganz abzuschneiden.

Umkrücken des Bades, Stehenlassen etc., ferner die verschiedenen Grade des Feuers, sind ebensoviel Hilfsmittel des Arbeiters, deren Anwendung sich allerdings nicht generell und im Voraus bestimmen lassen wird, sondern der Einsicht und Uebung der Arbeiter überlassen werden muss.

§ 139. Was man aber beaufsichtigen kann und muss, ist die Schlackenbenutzung und die Benutzung aller Betriebsabfälle des Puddelverfahrens, weil darin sehr häufig die Veranlassung übereilter und schlechter Arbeit liegen kann. Urbin gibt darüber die im Folgenden zusammengestellten Erfahrungen.

Puddelt man z. B. ein gewöhnliches ordinäres Eisen in einem Ofen, in welchem eben eine Arbeit auf Feinkorn stattgefunden hat, so wird das betreffende Produkt weit besser in der Qualität sein, als wenn das besagte Roheisen in seiner eigenen Puddelschlacke verarbeitet worden wäre.

Diese Verbesserung der Qualität ist wohl dem Vorhandensein einer oxydulreichen und dabei basischen Schlacke zuzuschreiben, die im Ofen zurückgeblieben war*).

In praktischer Beziehung ist bemerkenswerth, dass der Arbeiter nur selten die oxydärmere Schlacke als gut ansehen wird, sobald er ein gewöhnliches Roheisen verarbeitet; dies rührt daher, weil er alsdann genöthigt ist, sein Roheisen stärker, d. h. fleissiger zu bearbeiten. Daher kommt es, dass in den Augen der Puddler die Walzsinter- und -Schlacken als die besten Zusatzschlacken gelten, denn es finden sich darin Eisenbrocken, welche die Produktion steigern und welche gleichzeitig den durch eigene Nachlässigkeit hervorgerufenen grossen Abbrand verbergen helfen.

Da man auf einzelnen Werken sogar bei der Feinkornarbeit zu solchen gaarenden Zusätzen greift, kann man im gegebenen Fall durch verkehrte Behandlung leicht beweisen, dass das beste Roheisen nichts taugt. Bei sorgsamer Fabrikation soll der Walzsinter nicht in den Puddelofen zurück, da derartige Zusätze stets trockene Arbeit geben und ein rothbrüchiges, stark mit Oxyden durchsetztes Produkt.

Nur hochgekohlte und dabei siliciumreiche Roheisensorten lassen solche Zusätze zu und auch bei sehr gasreicher Kohle vermag man diese stark gaarenden Beimengungen zu überwinden und den Ueberschuss an Eisenoxyd vor dem Eintritt des Kornpuddelns zu reduciren.

In Mischung mit Rohschlacken stiften diese basischen Zusätze weniger Schaden, besonders, wenn noch ein entsprechend rohgehendes Eisen dem Satze zugefügt wird.

Wenn man noch ferner meint, dass ein derartiger oxydreicher Zuschlag das Frischen beschleunigt, so ist das insoweit richtig als die Entkohlung rasch verläuft; doch macht man in der Regel die Erfahrung, dass der Arbeiter nach dem Steigen des Eisens weit mehr Arbeit hat, die einzelnen Eisenpartien zusammenzulesen und zu verschweissen. Die anfänglich gewonnene Zeit wird wieder eingebüsst, der Verlust wächst und das Produkt ist ein schlechtes Eisen.

Weit eher anzurathen ist der Gebrauch der Zängeschlacke; sie ist stets leicht schmelzbar und doch hinlänglich basisch, sobald der Puddler Sorge trägt, nur die von seinen eigenen Luppen abfallende Schlacke zu benutzen.

Dennoch kann es vorkommen, dass auch diese Zängeschlacken zu stark frischen und zu rasch schnellschweissende Eisenkörner geben, beispielsweise, wenn man, was vorkommen kann, aus einem nicht übermässig gekohlten Gemisch Feinkorn puddeln will.

In diesem Fall setzt man weniger Zängeschlacken zu, unter Umständen auch gar keine und an ihrer Stelle die Schlacken, welche während der Koch- und Entkohlungsperiode aus dem Ofen laufen; sie sind sauerer und frischen nicht so stark, verursachen aber einen grösseren Eisenabbrand.

Untersuchungen und Belege.

§ 140. Die im Vorstehenden unter Benutzung der Urbin'schen praktischen Sätze aufgestellten Betrachtungen über den Charakter und die Veränderung der Puddelofenschlacken lassen sich durch eine Reihe von analytischen Ausweisen belegen.

Es existiren eine Reihe Untersuchungen den Puddelprocess betreffend, unter denen die von Dr. Karl List in Hagen 1859 ausgeführten die Priorität beanspruchen. Dieselben wurden im Programm der Provinzialgewerbeschule zu Hagen und danach im Berggeist 1860, S. 83 veröffentlicht und klärten zuerst auf über die muthmassliche Rolle des Eisenoxyds in denselben.

Die Schlacken waren beim Verpuddeln eines Holzkohleneisens von hellgrauer Farbe gefallen, welches in Chargen von pptr. 215 Kilo verarbeitet wurde.

Die Proben wurden entnommen:

1. Vor dem Einsetzen des Eisens.
2. Eine Stunde nach dem Einsetzen, also vielleicht in der Mitte des Rührens.
3. Weitere 20 Minuten später beim stärksten Kochen.
4. Weitere 20 Minuten später beim Beginn des Luppenmachens.
5. Noch 5 Minuten später beim Ausziehen der ersten Luppe.
6. Noch 10 Minuten später nach Herausnahme der letzten Luppe.

*) Nach Urbin beweist diese Thatsache auch noch die Möglichkeit der Kohlung des Eisens im Puddelofen, wenn man nicht annehmen will, dass die Qualitätsverbesserung lediglich einer durchgreifenderen Reinigung des Eisens zuzuschreiben ist. Sicher ist, dass, wenn in einer oxydarmen aber basischen Schlacke ein Roheisen verpuddelt wird, das in eigener Schlacke ein sehniges Qualitätseisen gibt, ganz leicht ein schönes Feinkorn producirt wird, welches doch vorwiegend als höher gekohltes Eisen anzusehen ist.

Es fragt sich nun, ob dieses Feinkorn ein Resultat der Verzögerung der Entkohlung allein ist (wie Wedding u. A. annimmt) oder ob eine Rückkohlung stattgefunden hat (wie Urbin es verficht). Letztere Ansicht wird zum Theil wahrscheinlich, wenn man Feinkorn oder Stahl mit Herdfrischschlacken von der Verarbeitung von Alteisen puddelt.

Diese Schlacken, welche ein durchaus geflossenes Aeussere zeigen, geben beim Frischen metallisches Eisen her, da das Ausbringen des mit denselben ausgeführten Puddelprocesses grösser ist als der Einsatz an Roheisen (welches in eigener Schlacke und zu gleicher Waare verpuddelt ca. 25/00 Abbrand gibt.

Da nun diese Zusatzschlacken vom Herdfrischen sicher kein metallisches Eisen enthalten werden, so kann der Eisenüberschuss nur von der Reduktion des Oxydoxyduls herrühren und muss sich im Puddelofen gekohlt haben, da das Produkt vollkommen homogen und hochgekohlt ist.

Dazu ist zu bemerken, dass diese Kohlung nicht von der Flamme, sondern vom Kohlenstoff des Roheisensatzes herrühren kann.

Es enthielten die Proben:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
FeO	49,96	51,42	54,27	44,40	44,59	42,03
Fe_2O_3	14,41	5,92	12,80	13,60	15,64	18,54
MnO	10,98	14,87	15,28	n. b.	n. b.	n. b.
SiO_2	15,09	16,79	17,44	n. b.	n. b.	n. b.

An die Mittheilung dieser Analysen knüpft List die folgende Bemerkung: Der Eisenoxydgehalt der Schlacken, welcher gegen das Ende der Operation am grössten erscheine, rühre dann jedenfalls von der Oxydation der beim Umsetzen und Luppenmachen zurückgebliebenen Eisentheilchen zu Magneteisen her.

Die Schlacke gäbe während des Einschmelzens einen Theil des Sauerstoffes ab, um Silicium und Mangan zu oxydiren, woher sich der starke Rückgang an Eisenoxyd von Probe 1 nach Probe 2 erkläre.

Beim Kochen, der eigentlichen Entkohlung, trete wieder ein stärkerer Eisenverbrand ein, weshalb der Eisenoxydgehalt von ca. $5/_{00}$ auf $12/_{00}$ steige.

Von da an scheine sich ein Theil des Eisenoxyduls zu reduciren und metallisches Eisen zu bilden, da die Analyse eine Abnahme des Eisenoxydulgehalts nachweise ($10/_{00}$ von Probe 3 nach 4), während gleichzeitig der Eisenoxydgehalt steigt (oder in der absoluten Quantität wahrscheinlich constant bleibt).

Die weitergehende Zunahme des Eisenoxydgehalts hinge mit dem freien Luftzutritt zu den Luppen zusammen.

Man kann diesen Aeusserungen nur beipflichten, da alle neueren Untersuchungen die List'schen Ermittelungen bestätigt haben und da die ganze Theorie des Puddelprocesses wesentlich auf seiner Untersuchung der Veränderungen des Eisenoxydgehalts in der Puddelschlacke beruht.

Diese Priorität ist nicht immer anerkannt worden und Dr. List ist noch 1873/74 genöthigt worden, gegenüber einigen Aeusserungen seines Schülers Dr. Kollmann (siehe weiter unten) seine Priorität zu verfechten*).

§ 141. Man kann aber aus diesen Schlackenuntersuchungen List's nicht ohne Weiteres erfahren, ob wesentlich Eisenoxydoxydul neben Eisenoxydul und Manganoxydulsilikat der hauptsächlichste Bestandtheil der Schlacken ist oder ob noch irgend welcher anderweitiger Bestandtheil neben den beiden bis jetzt einzig als stabil erkannten Verbindungsformen des Eisens und Mangans (abgesehen von Phosphaten etc.) in der Schlacke sich findet. Dazu bedarf es der folgenden Operationen, welche ein ganz interessantes Resultat geben.

Setzt man voraus, dass das Eisenoxyd stets an eine bestimmte Menge Eisenoxydul gebunden ist zu dem in der hohen Temperatur als stabil anzusehenden Magnetoxyd und setzt man weiter voraus, dass jedenfalls das ganze Manganoxydul und eventuell ein Theil des Eisenoxyduls an die Kieselsäure zu dem ebenfalls beständigen Silikat $\left\{\begin{matrix}Fe\\Mn\end{matrix}\right\}_2 SiO_4$ gebunden sei, so entsteht folgende Zusammenstellung obiger Resultate, soweit die vorgedachten Rechnungen sich ausführen liessen:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
FeO im Ganzen wie oben	49,96	51,42	54,27	44,40	44,59	42,03
Davon an Fe_2O_3 zu FeO, Fe_2O_3 gebunden . .	6,48	2,66	5,76	6,12	7,04	8,34
Weiter an SiO_2 zu Fe_2SiO_4 gebunden	26,24	25,45	26,48	n. b.	n. b.	n. b.
Zusammen	32,72	28,11	32,24	6,12	7,04	8,34
Von obigem FeOgehalt ab bleiben als freies FeO	17,24	23,31	22,03	nicht berechenbar		

Die Analysen in dieser Weise umgerechnet, wobei alles Manganoxydul mit zur Sättigung der Kieselsäure verwendet worden ist, ergeben folgende Verhältnisse:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
$\left.\begin{matrix}Fe\\Mn\end{matrix}\right\}_2 SiO_4$. .	52,31	57,11	59,20	n. b.	n. b.	n. b.
FeO, Fe_2O_3 .	22,89	8,58	18,56	19,72	22,68	26,88
Gelöstes FeO .	17,24	23,31	22,03	n. berechenb.	n. berechenb.	n. berechenb.

*) Auch betreffs der diagrammatischen Aufzeichnung von Hüttenprocessen nimmt Dr. List die Priorität der Idee dem Verfasser dieses gegenüber in Anspruch, obwohl dem Letzteren nicht in den Sinn gekommen ist, durch seine Besprechung solcher Darstellungen älteren Ansprüchen nahe zu treten.

Die drei ersten berechenbaren Analysen zeigen hinlänglich, dass Urbin ein gewisses Recht hatte, von einer zu Anfang des Kornpuddelns nothwendigen und vortheilhaften ferrosen Schlacke (laitier ferreux) zu sprechen, da bei Nr. 2 und 3 über ein Fünftel der Schlacke aus irgendwie eingemengtem, in der Hitze vielleicht gelösten, weder von Kieselsäure zu einem normalen Silikat, weder von Eisenoxyd zu Magnetoxyd gebundenen Eisenoxydul besteht.

Es ist das dem Anscheine nach ein Process gewesen, der einen gewissen Rohgang zeigte und feinere Produkte zu liefern hatte.

§ 142. Etwas früher als List untersuchte Lan (Annales des Mines, 5 Série, Bd. XV, S. 85) die Produkte eines Stahlpuddelprocesses im Loirebezirk (vermuthlich Firminy oder Unieux). Eine Mischung von algierischem und corsischem Roheisen hatte eine Zusammensetzung des Satzes von

C	3,980
Si	1,658
Mn	1,055
S	Sp.
P	—
Cu	—

Dieser Satz wurde in einem weissglühenden Puddelofen auf einer Unterlage von 20—25 Kilo Hammerschlag und Walzsinter eingeschmolzen und es dauerte

Herdreparatur, Besetzen etc. . . .	7	Minuten,
Schmelzen	40 — 45	„
Mischen von Metall und Schlacke .	25 — 30	„
Rühren und Kochen	20 — 25	„
Luppenmachen	6 — 8	„
Zeitverlust	5	„
Zusammen	103—120	Minuten.

Lan nahm Proben der Schlacken

1. am Beginn der Entkohlung,
2. am Beginn des Verdickens,
3. im Augenblick stärksten Kochens, wo Eisen und Schlacke innig gemengt waren,
4. nach dem Ausziehen der Luppen.

Die Analyse ergab

für die Proben	1.	2.	3.	4.
SiO_2	14,50	17,50	15,00	14,50
FeO	83,12	81,14	82,00	83,50
MnO } RO }	2,38	1,36	3,00	2,00

Diese Untersuchungen beweisen aufs Evidenteste, dass man 1859, als Lan seine Ergebnisse publicirte, noch keine Ahnung von der Existenz des Eisenoxyds in der Schlacke hatte und dass wirklich List die Priorität der Ermittelung dieses Bestandtheils und seiner Wirkungen gebührt.

Im Uebrigen ist hervorzuheben, dass die Schlackenzusammensetzung, wie sie oben erscheint, eine äusserst wenig schwankende ist und dass nur der Nachweis des Eisenoxyds fehlt, um diese scheinbare Passivität der Schlacke in eine deutlich erkennbare Aktivität umzugestalten.

Die Analysen werden allerdings verdächtig, da sie alle auf 100,00 genau abgestimmt sind und da bei thatsächlicher Bestimmung aller Elemente die Eisenbestimmung als Eisenoxydul schon allein einen Fehlbetrag hätte ergeben müssen.

Abgewogen wird wohl nur die Kieselsäure gewesen sein — jedenfalls haben Rechnungsoperationen stattgefunden, die nicht zu billigen sind.

§ 143. Vollständigere Schlackenuntersuchungen als List hat Dr. Drassdo 1863 publicirt (Preussische Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1863, XI, S. 178), welche den weiter oben als normal geschilderten Puddelvorgang (graues, etwas rohgehendes Eisen) im Feinkornpuddelofen durchgeführt charakterisiren.

Das Roheisen war ein graues mittelkörniges Cokesroheisen von nachstehender Zusammensetzung:

Graphit	2,948	
Kohlenstoff	0,721	
Gesammtkohlenstoff	—	3,669
Silicium	—	2,648
Mangan	—	2,281
Phosphor	—	0,261
Schwefel	—	0,120
Eisen	—	91,021
	Summa:	100,000

Die im Herd vor dem Einsetzen des Eisens befindliche Schlacke war compakt, von schwarzgrauer Farbe, von muschligem und unebenen Bruch, metallisch glänzend mit Spuren von Anlauffarben. Das specifische Gewicht derselben war ziemlich hoch und eine Neigung zu Krystallisation fand sich nicht deutlich ausgesprochen. Sie war sehr roh im Gegensatz zu der von List untersuchten Schlacke und enthielt relativ wenig Eisenoxyd.

Drassdo nahm folgende Proben der Schlacken:

No. 2. bei noch nicht vollendetem Einschmelzen, 46 Minuten nach Einsetzen des Roheisens;
No. 3. bei vollendetem Einschmelzen, 17 Minuten später;
No. 4. bei fast vollendetem Entsiliciren, 3 Minuten später;
No. 5. nach Aufgiessen von Wasser, 12 Minuten später;
No. 6. beim stärksten Aufkochen, 10 Minuten später;
No. 7. beim Umsetzen und Gaaren, 10 Minuten später;
No. 8. nach dem Herausholen der letzten Luppe, 30 Minuten später.

Die Dauer der ganzen Procedur ist hiernach 2 Stunden 8 Minuten gewesen. Hinsichtlich des Aussehens von Schlacke und Eisen sind die Bemerkungen Drassdo's besonders interessant, weil dadurch ein von Urbin u. A. gebrauchter Ausdruck, die Lösung des metallischen Eisens in der Schlacke des eigentlichen Kochens erklärt wird. Bei der 6. Probenahme zeigten sich Schlacke und Eisen vollkommen durchwachsen, die Eisenkörnchen haften noch nicht aneinander, brechen leicht ab voneinander, zeigen weisse Bruchflächen und erscheinen noch nicht hämmerbar. Schon die Probe 5 zeigte ein körniges Gemenge von Schlacke und Eisen durcheinandergewirrt, wobei indess die Schlacke selbst noch einigen Zusammenhang in sich zeigt. Bei Probe 7 haften nunmehr die Eisenkörnchen vollkommen aneinander und bilden schon grössere zusammenhängende Massen.

§ 144. Drassdo's analytische Ergebnisse sind die folgenden:

Probe	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
SiO_2 . . .	26,80	31,95	31,93	31,50	30,91	31,51	32,41	27,13
Fe_2O_3 . .	6,36	3,33	3,44	3,88	3,66	0,88	2,61	6,11
Al_2O_3 . .	0,93	0,42	0,32	0,35	0,22	0,44	0,67	0,09
FeO . . .	56,17	54,50	54,98	54,60	55,60	57,70	54,90	59,00
MnO . .	7,45	8,17	8,30	8,49	8,28	8,39	8,81	7,04
CaO . . .	0,82	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.
MgO . .	0,22	—	—	—	—	—	—	—
P_2O_5 . .	1,90	2,09	2,10	2,11	2,04	2,37	2,47	2,14
S	0,18	0,21	0,17	0,08	0,08	0,13	0,15	0,04
Zusammen:	100,83	100,67	101,24	101,01	100,79	101,42	102,02	101,55

Bei der Betrachtung dieser Analysen fällt zunächst das Vorherrschen der Silikate auf und das Zurücktreten des Magnetoxyds. Drassdo hat sich der Mühe unterzogen, für die Schlacken die Zusammensetzung aus Silikat und Magnetoxyd atomistisch zu berechnen und musste hierbei auch zur Existenz eines Bisilikats greifen. Eigenthümlich ist der Fortfall des Gehalts an Kalk und Magnesia, welche in der beim Einsetzen im Ofen befindlichen Schlacke mit zusammen über ein Procent erscheinen, während sie in den folgenden Untersuchungen nicht mehr auftreten oder doch nur als Spuren. Nimmt man eine starke Schlackenvermehrung und wiederholtes Schlackenabstechen an, so dürfte dies richtig sein, die Endschlacke indessen müsste doch wiederum etwas Kalk und Magnesia enthalten. Dieselben rühren vermuthlich von der Benutzung gefeinten Eisens, welches gewöhnlich in mit Kalk ausgestrichenen Formen erstarren musste oder von am Roheisen anhaftender Schlacke her. Dahin deutet auch noch der Thonerdegehalt der Schlacke, der sich auf andere Weise nur schwer erklären lassen dürfte.

Die Bestimmungen Drassdo's ergaben für die Proben:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Molecüle Fe_3O_4 . . .	1,—	1,—	1,—	1,—	1,—	1,—	1,—	1,—
„ R_2SiO_4 . .	8,—	9,—	10,—	10,—	11,—	22,—	10,—	8,—
„ $RSiO_3$. .	—,—	3,—	3,—	3,—	3,—	4,—	3,—	—,—

und es geht aus diesen nicht gerade normalen Verhältnissen hervor, dass selbst eine Schlacke von saurerem Charakter als das Singulosilikat noch Magnetoxyd enthalten kann und noch, wenn auch langsam, oxydirend einwirkt.

Bezeichnend ist allerdings, dass erst bei Probe 4 die Entsilicirung beendet war, und dass das Metallbad bei Entnahme der Probe 6 noch 2,293/₀₀ Kohlenstoff enthielt, sodass erst in der Periode des Luppenmachens die Regulirung des Kohlenstoffgehalts, der für das Endprodukt leider nicht angegeben ist, stattfinden konnte.

So unvollständig und zu einer abschliessenden Betrachtung ungenügend die Drassdo'sche Arbeit auch ist, so ist die Schlackenreihe doch interessant, weil sie die Arbeit des Feinkornpuddelns aus einem siliciumreichen und überhaupt nicht sehr reinen Eisen charakterisirt.

§ 145. Untersuchungen der Schlacken eines Puddelprocesses auf Stahl hat A. Schilling angestellt (Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1863, S. 313).

Der Satz bestand aus gleichen Theilen weissem Holzkohlenroheisen (Gittelde) und grauem Holzkohlenroheisen (Zorge); seine chemische Zusammensetzung war:

1,11 Graphit,
1,81 Kohlenstoff,
0,098 Schwefel,
0,47 Phosphor,
1,24 Silicium,
1,66 Mangan

und es ist hierzu zu bemerken, dass, während das Gittelder Roheisen weiss, fast graphitfrei, dabei kohlearm war, das Zorger Roheisen, ein feinkörnig graues Roheisen mit über 2/₀₀ Graphit, auch noch 1,5/₀₀ Silicium enthielt. Der Phosphorgehalt war in beiden Eisensorten ziemlich gleich, der Schwefelgehalt im Zorger Eisen dagegen grösser. Für das Puddeln von Sehne wurde der Satz aus 1 Theil Gittelder Eisen, 2 Theilen Zorger und 1 Theil altem Brucheisen gebildet.

Die Schlacken wurden:

1. am Schluss des Einschmelzens nach 47½ Minuten,
2. am Beginn des Steigens „ 18½ „
3. während des Steigens „ 14½ „
4. im Höhepunkt des Steigens „ 17½ „
5. während des Gaarmachens „ 14¾ „
6. desgl. „ 9 „
7. am Ende des Luppenmachens entnommen.

Die analytischen Ergebnisse waren:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
SiO_2 . . .	20,98	20,51	20,12	20,34	20,27	20,40	20,52
P_2O_5 . . .	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25
Fe_2O_3 . . .	7,12	4,09	4,12	5,20	5,20	4,95	6,24
FeO . . .	58,98	62,03	62,14	61,20	61,20	61,34	59,88
Al_2O_3 . . .	2,78	2,83	2,87	2,87	2,91	3,05	2,86
MnO . . .	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64
CaO . . .	1,84	2,14	2,04	1,69	2,12	1,72	1,69
MgO . . .	1,62	1,51	1,63	1,52	2,04	1,81	1,79
Alkalien . .	0,93	0,82	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
SO_3 . . .	Sp.	Sp.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Das Endprodukt des Processes enthielt

C	0,94
S	Sp.
P	0,075
Si	0,11
Mn	0,27

Der Betrieb des Puddelofens geschah mit Holzgasen, welche in speciellen, damals auf dem Harz versuchten Holzgasgeneratoren dargestellt wurden.

§ 146. Schilling hat sich bemüht, Silikatstufen zu berechnen, welche im Durchschnitt auf das Verhältniss 18,212 : 11,687 zwischen beziehungsweise Kieselsäure und Basen herauskommen. Es würde anschaulicher gewesen sein, die verschiedenen Verbindungen nachzuweisen; man sieht indess schon auf den ersten Blick (indem man die Kieselsäureprocente in Gedanken mit $\frac{36}{15}$ multiplicirt), dass nach geschehener Sättigung der Kieselsäure durch *FeO* (von *MnO, CaO, MgO,* den Alkalien und Al_2O_3 einstweilen abgesehen) noch ein hinlänglicher Ueberschuss von *FeO* bleibt, um sowohl die P_2O_5 zu dem Oxydulphosphat zu binden, als auch das Fe_2O_3 in Magnetoxyd zu verwandeln.

Rechnet man zunächst die Alkalien (gleiche Theile *KaO* und *NaO* vorausgesetzt), dann *CaO, MgO* in die gleichwerthigen Mengen *FeO* um, so erhält man für die interessantesten Analysen, d. h. für 1 und 2, welche die eisenoxydreichste und die eisenoxydärmste Schlacke darstellen, folgende Mengen von *FeO:*

		1.	2.
$^{78}/_{72}$ der nachgewiesenen Menge *KaO, NaO*	=	$1{,}01/_{00}$ *FeO*	$0{,}87/_{00}$ *FeO*
$^{72}/_{56}$ „ „ „ *CaO*	=	$2{,}37/_{00}$ „	$2{,}75/_{00}$ „
$^{72}/_{40}$ „ „ „ *MgO*	=	$2{,}95/_{00}$ „	$2{,}95/_{00}$ „
Zusammen also		$6{,}33/_{00}$ *FeO*	$6{,}57/_{00}$ *FeO*
Dazu treten noch $^1/_1$ des nachgewiesenen *MnO* . . .	=	$1{,}64/_{00}$ „	$1{,}64/_{00}$ „
so dass an Ersatz für *FeO* vorhanden sind		$7{,}97/_{00}$ *FeO*	$8{,}21/_{00}$ *FeO*
Es verlangen die vorhandenen		$20{,}98/_{00}$ SiO_2	$20{,}51/_{00}$ SiO_2
an *FeO* $\frac{36}{15}$ der gefundenen Menge SiO_2	=	$50{,}35/_{00}$ *FeO*	$49{,}22/_{00}$ *FeO*
so dass nur		$42{,}38/_{00}$ „	$41{,}02/_{00}$ „
aus der		$58{,}98/_{00}$ „	$62{,}03/_{00}$ „
betragenden Menge zu nehmen sind und mithin übrig bleiben		$16{,}60/_{00}$ „	$21{,}01/_{00}$ „
Davon absorbirt die Phosphorsäure $\frac{108}{71}$ der gefundenen P_2O_5	=	$8{,}00/_{00}$ „	$8{,}00/_{00}$ „
bleiben		$8{,}60/_{00}$ *FeO*	$13{,}02/_{00}$ *FeO*
Davon absorbirt der Eisenoxydgehalt der Schlacken noch $^9/_{20}$ des vorhandenen Fe_2O_3	=	$3{,}204/_{00}$ „	$1{,}84/_{00}$ „
so dass bleiben		$5{,}306/_{00}$ *FeO*	$11{,}18/_{00}$ *FeO*

Die faktische Zusammensetzung der Schlacken dürfte mithin sein:

	1.	2.
$FeO\ Fe_2O_3$	10,324	5,93
$R_4\ SiO_2$	69,26	67,63
$Fe_3\ P_2O_8$	13,25	13,25
*FeO*überschuss . .	5,396	11,18
Thonerde	2,78	2,83
	101,010	100,82

§ 147. Bei dem von Schilling untersuchten Process wird eine andere Eigenthümlichkeit constatirt, welche gerade bei den verzögerten Puddelprocessen, zu denen ja auch der Stahl- und der Feinkornpuddelprocess gehören, nicht aufzutreten pflegt.

Aus den Proben des Metalls selber gingen die nachstehenden analytischen Befunde hervor.

Es enthielten:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
C gebunden .	2,49	2,36	2,26	1,77	1,33	1,08	0,94
S	0,0298	0,027	0,0116	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.
P	0,24	0,17	0,11	0,08	0,071	0,075	0,075
Si	0,34	0,16	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Mn	0,47	0,47	0,47	0,31	0,31	0,27	0,27

Man sieht aus der Aufeinanderfolge der Angaben, dass gleich in dem ersten Stadium des Processes die Entkohlung begonnen hat, während gewöhnlich die Entkieselung sowie die Manganoxydation einen gewissen Grad erreicht haben muss, ehe sich eine deutliche Entkohlung bemerklich macht. Während

des Einschmelzens war nicht allein der im Einsatz 1,11‰ betragende Graphit in den gebundenen Zustand übergegangen, sondern auch dabei zeigte sich schon eine Verminderung des Gesammtgehaltes an Kohlenstoff.

Der Grund dieser Erscheinung ist wohl in der Beschaffenheit und in der Temperatur der Feuergase zu suchen. Ohne eine analytische Bestimmung gemacht zu haben, vindicirt Schilling dem benutzten, mit (eingeblasener?) Luft gemengten Holzgas eine oxydirendere Wirkung; die übrige Erklärung, welche Wedding wörtlich wiedergibt, kann für jeden anderen Puddelprocess ebensogut passen und passt für das untersuchte Beispiel nicht besonders, weil man gerade dabei allen Grund gehabt hätte, die Oxydation anfänglich zu verzögern.

Das Einzige, was hier mitgespielt haben kann, ist die in dem Wasserstoff- und Kohlenwasserstoffgehalt des Holzgases begründete intensive Verbrennungshitze und dadurch das Erreichen der Verbrennungstemperatur des Kohlegehalts.

Das Fehlen einer weitergehenden Verzögerung in dem Oxydationsprocess ist an sich bei so reinem Eisen nicht bedenklich; man braucht für solches Material nicht die grosse zeitliche Ausdehnung, die man bei der Benutzung minder reiner Roheisensorten den ersten Perioden des Frischprocesses geben muss.

§ 148. Die ausführlichste Arbeit über die Schlacken des Puddelprocesses und den letzteren überhaupt, ist diejenige, welche Dr. Julius Kollmann 1873 im Technischen Laboratorium des Aachener Polytechnikums ausgeführt und später zu einer Dissertationsschrift benutzt hat, als er auf Anregung des Verfassers in Göttingen promovirte.

Die Arbeit betrifft einen in Oberschlesien (doch nicht in Königshütte, wie Wedding berichtet, sondern auf einem anderen Walzwerk der Nachbarschaft) auf Drahteisen ausgeführten, etwas roh gehenden Process, ähnlich dem, welchen Drassdo untersucht hat, doch nicht mit so saurer Schlacke arbeitend.

Es ist anzunehmen, dass der Unterschied darin sich mitbegründet, dass, während der von Drassdo untersuchte Process ein noch unfertiger, unausgebildeter war, der von Kollmann bearbeitete Process ein durchaus vervollkommnetes Verfahren darstellt, das regelmässig und zur Darstellung eines ziemlich heiklen Produkts angewandt wurde.

Kollmann entnahm der ganzen Arbeit 10 Proben in den nachstehend bezeichneten Momenten:

1.	Probenahme aus dem Herd nach tüchtigem Umrühren der vor Herausnehmen der letzten Luppe der vorigen Arbeit zurückbleibenden Schlacke;	
2.	Schlackenprobe nach geschehenem Einschmelzen	nach 34 Minuten;
3.	Schlackenprobe von der über dem gebildeten Satz befindlichen Masse, nachdem kurz zuvor kalte Schlacke zugesetzt und eingerührt worden war	„ 10 „
4.	Schlackenprobe während des Rührens	„ 8 „
5.		„ 3 „
6.	Schlackenprobe beim Beginn des Umsetzens	„ 8 „
7.	Schlackenprobe vor dem letzten Umsetzen	„ 28 „
8.	Herdschlacke vor Beginn des Luppenmachens	„ 6 „
9.	Schlackenprobe vor Abschmieden der letzten Luppe	„ 18 „
10.	Schlackenprobe 5 Minuten nach dem Herausnehmen der letzten Luppe vom Herde	„ 4 „
	Zusammen:	119 Minuten.

Ausserdem sind noch die beiden Zusätze untersucht worden, welche sowohl nach dem Einschmelzen (zwischen Probenahme 2 und 3) als auch beim Beginn des Luppenmachens (vor Probe 8) gegeben worden waren und einerseits aus Schlacke, andrerseits aus Walzsinter bestanden.

Diese Schlacken zeigten keine sehr hervorragende Krystallisirbarkeit, vermuthlich, weil sie bei der Probenahme rasch abgekühlt wurden.

Sie haben meist eine eisenschwarze Farbe mit dem Stich ins Blaue und dem Metallglanz, der solche Schlacken stets auszeichnet. Der Bruch ist ungleichmässig, da die unteren Partien stets eisenreicher sind, in ihnen also wahrscheinlich das Magnetoxyd sich mehr oder minder concentrirt.

In nahezu allen Schlacken fand Kollmann metallisches Eisen, fein vertheilt, ausgeschieden; alle Schlackenpulver erwiesen sich als magnetisch und in solchem Grade, dass es unmöglich schien das Eisen mit dem Magnet herauszulesen, da auch Theile des Schlackenpulvers angezogen wurden. Vermuthlich ist auch das beim Erstarren der Schlacke feinvertheilt ausgeschiedene Magnetoxyd magnetisch und rührt die Schwierigkeit, resp. Unmöglichkeit der scharfen magnetischen Trennung ebendaher.

Dabei erweist sich die Schlacke als sehr porös, wie Kollmann durch Eintauchen in Wasser unter der Glocke der Luftpumpe beobachtet, abgesehen natürlich von den Blasenräumen, und von anderen grösseren Hohlräumen in der Textur. Auch das specifische Gewicht der Schlacken hat Kollmann untersucht und hat gefunden, dass dasselbe zwischen 3,7 und 4,8 variirt (abgesehen von dem 5,6 als Maass der Dichtigkeit ergebenden Walzsinter und Hammerschlag des zweiten Zusatzes).

§ 149. Die Analyse ergab:

für die Proben	SiO_2	FeO	Fe_2O_3	MnO	CaO	Al_2O_3	P_2O_5	SO_3	Fe
No. 1	15,32	52,18	22,31	6,56	0,70	0,33	2,30	Sp.	56,19
„ 2	17,13	59,06	9,81	9,35	0,69	0,35	3,40	Sp.	52,80
„ 3	20,50	54,61	7,72	12,38	0,80	0,41	4,30	Sp.	47,87
„ 4	23,18	52,43	6,94	12,51	0,83	0,49	4,22	Sp.	45,63
„ 5	20,37	57,06	9,04	10,10	0,51	0,30	3,49	Sp.	50,70
„ 6	19,95	51,68	11,45	11,69	0,50	0,27	4,26	Sp.	48,20
„ 7	21,91	46,76	12,36	15,87	0,43	0,30	3,10	Sp.	45,02
„ 8	19,45	48,04	13,48	14,40	0,62	0,34	4,17	Sp.	46,79
„ 9	16,29	51,62	19,32	8,46	0,61	0,38	3,78	Sp.	53,67
„ 10	17,39	51,32	17,54	9,34	0,58	0,42	3,93	Sp.	52,18
Zusatz 1	20,59	50,43	10,73	14,63	0,92	0,50	3,10	Sp.	46,73
„ 2	15,00	47,16	23,63	8,83	0,30	0,81	4,61	Sp.	53,22

Es wird kaum nöthig sein, die Analysen umzurechnen, wie es früher geschehen, in die betreffenden Werthe von

$Fe_2\ SiO_4$ (einschliesslich MnO, CaO, Al_2O_3)
$Fe_3\ P_2O_8$
FeO, Fe_2O_3
FeOüberschuss;

die oberflächliche Betrachtung der analytischen Ergebnisse genügt, um zu zeigen, dass der SiO_2gehalt der Anfangs- und Endschlacke ca. $36/_{00}$ FeO und andere Basen im äquivalenten Verhältniss zur Bildung des Singulosilikats beansprucht und dass somit noch nicht 30 von den $52/_{00}$ Eisenoxydul zur Sättigung der Kieselsäure erforderlich sind. Es bleiben somit in der Anfangs- und Endschlacke des Processes 20 von den gefundenen Procenten übrig, um die Phosphorsäure sowie das Eisenoxyd zu sättigen, und da sich noch nicht die Hälfte (9/20) des in der Analyse nachgewiesenen Eisenoxyds als Maass für das damit zu Magnetoxyd verbundene Eisenoxydul ergibt, so bleibt selbst in den eisenoxydreichsten Schlacken 1 und 9 ein Ueberschuss von etlichen Procenten Eisenoxydul zurück.

Jedenfalls beweisen die Kollmann'schen Analysen der Schlacken, dass die Annahme Urbin's, man müsse beim Eintritt des Kornpuddelns mit möglichst ferroser Schlacke, d. h. eisenoxydulhaltiger Schlacke arbeiten, richtig ist.

Die Kollmann'sche Arbeit hat aber noch ein anderes Verdienst, da sie ganz deutlich und klar das Auftreten von in der Schlacke schwimmenden Eisenkörnchen nach dem Ziehen der zweiten Kratze, d. h. zwischen Probe 5 und 6, constatirt.

§ 150. In einer Privatmittheilung an den Verfasser, datirt Oberhausen, 10. Februar 1874, theilt aber Kollmann noch eine praktische, später gemachte Erfahrung mit, die aufs Schlagendste die von Wedding so heftig verurtheilte Kohlung des Korns in der Schmauchflamme beweisen dürfte.

Als ein beim Feinkornpuddeln sehr passender Zusatz erwiesen sich die beim Bestossen und Fraisen der Bessemerschienen abfallenden Späne, welche beim Hochkommen des Satzes in den Ofen geworfen werden.

Dieselben zeigen ein eigenthümliches Verhalten, indem sie zuerst völlig gaaren und im weiteren Verlauf der Arbeit wieder flüssig werden; besonders bei sehr gaar gehenden Eisen ist dieser Zusatz vortheilhaft, nur muss man das Festsetzen auf dem Boden durch vorheriges Einwerfen von Rohschlacke hindern.

Von einer Rückkohlung durch einfaches Legiren des Bessemerschienenmetalls mit dem emporsteigenden Satz kann keine Rede sein, da der letztere vielleicht kohlenstoffreicher ist als die Späne. Auch ist ja eine anfängliche Gaarung der letzteren ausdrücklich constatirt worden, welcher erst später ein ebenso deutliches Wiederflüssigwerden folgen soll.

Es kann hier nur die von Urbin so deutlich schon hervorgehobene reducirende und kohlende Wirkung gemeint sein, welche während des letzten Umsetzens und Luppenmachens eintritt und die Homogenisirung der Produkte befördern soll.

Von einer direkten Verzögerung der Entkohlung könnte nur insofern die Rede sein, als durch die Zuführung eines ebenfalls gekohlten Materials die oxydirende Wirkung der Schlacke getheilt und vom ursprünglichen Einsatz in gewissem Maass abgelenkt wurde. Indessen ist dieser Ausweg, der sich den Gegnern der Kohlung bietet, ein nur fiktiver, da Alles, sowohl Satz als Spänezusatz, in fester Form zunächst weiter gaart, dann aber ein Flüssigwerden der Späne beobachtet worden ist.

§ 151. Die Reihe von Untersuchungen wird vervollständigt durch die von Louis ausgeführte Besprechung eines Puddelprocesses auf Sehne (cf. Journal of the Iron and Steel Institute 1879, p. 219)

aus einem halbirten Eisen von mittlerer Gaarfähigkeit. Der Process wurde in einem Ofen mit Unterwind ausgeführt, dessen Herd vor dem Besetzen mit Eisen mit ca. 50 Kilo Hammerschlag bedeckt wurde, worauf dann der Satz von 200 Kilo kam.

Das Einschmelzen dauerte 40 Minuten, das Kochen bis zur beginnenden Ausscheidung der Eisenkörner 18 Minuten; das Umsetzen begann 4 Minuten später und dauerte 16 Minuten, worauf das Luppenmachen (also 78 Minuten nach dem Einsetzen) seinen Anfang nahm.

Die Analysen der Schlacken und des Hammerschlages ergaben folgende Resultate:

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	P_2O_5
Hammerschlag	14,69	1,51	15,07	63,92	3,18	1,60
Schlacke 40 Minuten nach dem Einsetzen	24,04	0,19	18,74	51,22	4,42	1,30
„ 48 „ „ „ „	27,17	n. b.	5,28	59,56	5,17	2,12
„ 53 „ „ „ „	27,77	n. b.	4,81	59,95	5,29	2,19
„ 58 „ „ „ „	27,46	n. b.	4,19	58,41	5,45	2,22
„ 62 „ „ „ „	25,72	n. b.	4,20	60,61	4,65	2,07
„ 78 „ „ „ „	15,79	n. b.	9,21	69,52	2,81	1,66

Die im Ofen befindliche, durch das Einsetzen von Hammerschlag gebildete Schlacke enthält nach erfolgtem Einschmelzen des Eisens mehr Kieselsäure als vorher und auch mehr Eisenoxyd und Manganoxydul. Schon 5 Minuten später ist die Schlacke erheblich reducirt, so dass ein weiterer Ueberschuss von Eisenoxydul sich gebildet hat und das Eisenoxyd auf noch nicht ein Drittel seines vorherigen Quantums zurückgegangen ist, wobei dann auch das relative Quantum an Kieselsäure gestiegen.

Der Gang der Phosphoroxydation wird ebenfalls leicht erkennbar neben dem Verlauf der Kieselsäureverbrennung; dass in der letzten Schlackenprobe der Phosphorsäuregehalt wieder abgenommen hat, während er in der vorletzten noch um $25/_{00}$ höher war, liegt daran, dass nach Entnahme der vorletzten Probe die Schlacken zum grossen Theil abgelassen wurden und dass in Folge der weitergehenden Oxydation des zu Luppen zusammengeballten Eisens nunmehr in dem Schlackenrest der Eisenoxydoxydulgehalt wuchs, der Phosphor- und Kieselsäuregehalt dagegen verdünnt wurde.

Die Arbeit von Louis vervollständigt das Bild der Schlackenführung in den Puddelprocessen neben den auf die Feinkornarbeit sich beziehenden Arbeiten von List, Drassdo und Kollmann und neben der auf die Stahlarbeit sich beziehenden Untersuchung Schilling's.

Die früheren Beobachtungen von Urbin sind in einer neueren Arbeit von Wolters bestätigt worden, deren auszügliche Mittheilung hier nur eine Wiederholung des S. 233—238, §§ 131—139 Gesagten bilden würde. (Revue universelle des Mines.)

Unterscheidung verschiedener Puddelprocesse.

§ 152. Aus den vorstehend in zeitlicher Folge vorgeführten Untersuchungen geht schon die Grundlage der Unterscheidung verschiedener Puddelprocesse hervor.

Es existirt in der Praxis kein Werk, welches nicht wenigstens zweierlei Eisen puddelte, ein sehniges und ein körniges; es gibt aber sehr viele Puddelwerke, welche eine grössere Zahl von Sorten puddeln müssen, weil der Fabrikationskreis ein grösserer ist. Indessen lassen sich auch die Glieder dieser reicheren Programme nach der Textur am besten ordnen, indem verschiedene Qualitäten des gleichen Korns oder der gleichen Sehne existiren können.

Für die Theorie kann man aber mit drei Klassen von Puddelprocessen auskommen, da es ja nur auf die Hervorhebung der Hauptunterscheidungsmerkmale ankommt. Die Lehrbücher der Eisenhüttenkunde unterscheiden deshalb auch nur Sehnepuddeln, Kornpuddeln und Stahlpuddeln und stellen für jede der Methoden den typischen Verlauf fest. Die im Früheren gewissermaassen als Typus des Puddelprocesses überhaupt geschilderte Feinkorneisenfabrikation wurde deshalb gewählt und erscheint auch als Typus so sehr passend, weil sie in jeder Beziehung in der Mitte zwischen Stahl- und Sehnepuddeln steht.

Der Verlauf ist im Grunde der gleiche, nur die Dauer der einzelnen Reaktionen ist nicht dieselbe, sondern wechselt nach der Beschaffenheit des Rohmaterials und der gewünschten Qualität des Produkts.

Durch Combination der Einsätze aus verschiedenen Roheisensorten erzielt man nach Willkür die verschiedenen Produkte, wobei naturgemäss die Rücksicht auf einzelne Nebenbestandtheile dominirend ist.

Ganz abgesehen von speciellen Qualitäten ist hauptsächlich das Verhältniss zwischen Silicium und Phosphor bestimmend für die Zusammensetzung der Eisensätze. Für die langsameren Puddelprocesse, z. B. alle Korn-, noch mehr alle Stahlpuddelmethoden ist Mangan, neben einer grösseren Menge Kohlen-

stoff (dieser letztere besonders in graphitischem Zustand) von Wichtigkeit, um einen stärkeren Rohgang herbeizuführen.

Die Puddelwerke von Nordfrankreich und Belgien arbeiten z. B. wesentlich mit zweierlei Roheisensorten, aus denen sie getrennt Sehne und Korn puddeln. Obwohl beide Materialien Phosphor und Silicium enthalten, so sind doch die Verhältnisse der beiden Stoffe nicht ganz dieselben.

Die Gesellschaft Vezin-Aulnoye erbläst aus Roheisensteinen von Namur, diversen Minetten und aus Schweissschlacken ein Eisen mit 1,7 *P* und 0,8 *Si*, welches auf Sehne verpuddelt wird, während zum Kornpuddeln ein anderes nur aus Minetten erblasenes Eisen mit 2,0 *P* und 0,5 *Si* verwendet wird. Auf anderen Hütten desselben Bezirks wird neben einem auf Sehne zu verarbeitenden Schlackeneisen noch ein Specialeisen aus blossem Minettenmöller erblasen, das hauptsächlich zu Korn bestimmt ist, ohne die Verwendbarkeit zur Sehne ganz auszuschliessen.

Es sind indess zu wenig Abarten der Puddelprocesse genau untersucht, um einen wirklich typischen Verlauf der einzelnen Varietäten aufstellen zu können und eine Reihe von blossen Beschreibungen hat keinen Zweck, da sie die praktische Information doch nicht ersetzen können, die man durch eigene Beschäftigung am Puddelofen erwirbt und die zur technischen Ausbildung des Eisenhüttenmannes unbedingt nothwendig ist.

Diagramme der Puddelprocesse.

§ 153. Zur besseren Veranschaulichung des Verlaufs der Puddelprocesse ist eine graphische Darstellung der analytischen Resultate und die Verzeichnung von Abnahmecurven für die einzelnen Nebenbestandtheile des Roheisensatzes sehr geeignet.

Schon die Arbeiten von List (§§ 140—141) zeigen die diagrammatische Verwerthung der analytischen Resultate, allerdings ohne die in manchen Fällen nothwendige Correktion, welche zunächst vom Verfasser in der Bearbeitung der mehrfach citirten, von seinem früheren Schüler J. Kollmann ausgeführten Untersuchung des Feinkornpuddelprocesses auf Drahtmaterial ausgeführt worden ist.

Diese ganze Aufzeichnung, einschliesslich Correktur, ist in einem Vortrag vor dem Technischen Verein für Eisenhüttenwesen ausführlich behandelt worden (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1874, S. 186) und die Correktur beschränkte sich darauf, den aus der Aufzeichnung eines Diagramms genau nach den analytischen Ergebnissen hervorgehenden Widerspruch zwischen dem relativen und dem absoluten Kohlenstoffgehalt des Satzes am Ende der Entsilicirungsperiode zu beseitigen.

Es haben nämlich die Analysen Kollmann's in der ursprünglichen Charge von 225 Kilo einen Kohlenstoffgehalt von $2{,}57/_{00}$, einen Siliciumgehalt von $3{,}21/_{00}$ und einen Mangangehalt von $5{,}14/_{00}$ nachgewiesen; nach dem Verlauf von 52 Minuten fanden sich im Satz neben 2,89 Kohlenstoff ein Mangangehalt von $2{,}53/_{00}$ und ein Siliciumgehalt von $0{,}23/_{00}$.

Während diese letzteren Stoffe eine Verminderung zeigen, wird beim Kohlenstoff eine Vermehrung kund, die, wenn auch nur relativ, doch immer bedenklich für die Verzeichnung eines Diagramms ist. Es ist daher geboten, soweit dies die vorhandenen Materialien gestatten, den direkt aus der Analyse hervorgehenden relativen Veränderungen der Charge die absoluten zu substituiren oder die analytischen Verhältnisse auf die verminderte Metallqualität zu beziehen.

Als das erste, was zu thun, ist die Feststellung der Abbrandlinie des Einsatzes anzusehen, welche sich aber nicht als gerade Linie darstellt, sondern als gekrümmte, da anfänglich eine stärkere Oxydation stattfindet als späterhin, schon wegen des Oxydirens des grössten Theils der Nebenbestandtheile, welche zusammen um etwa $5/_{00}$ in der Analyse heruntergehen.

Wäre das beim Besetzen im Ofen befindliche Schlackenquantum bekannt gewesen, so würde man durch Rechnung zu einer ungefähren Abschätzung der wirklichen Abbrandverhältnisse gelangen können, während ohne diese Elemente nur die Voraussetzung des gleichgebliebenen absoluten Kohlenstoffgehalts eine Berechnung des Satzes aus dem relativ gestiegenen Kohlenstoffgehalt erlaubt.

Jene Voraussetzung gestattet für die erste Periode bis zum Ablauf von 52 Minuten bereits die Annahme eines Abbrandes (im ganzen Satz) von $225 - 225 \times \frac{257}{289}$ oder $225 - 197{,}6 = 27{,}4$ Kilo. Die an diesem Zeitpunkt genommene und analysirte Probe muss in ihren Resultaten durch Multiplication aller Werthe mit $\frac{197{,}6}{225}$ corrigirt werden, ehe man sie aufträgt und in ähnlicher Weise müssen dann die übrigen Resultate umgerechnet werden, liesse sich der Lauf der Abbrandlinie genau bestimmen.

§ 154. Man erhält, wenn man die analytischen Ergebnisse ohne Weiteres aufträgt, keine eigentlichen Abbrandlinien, sondern lediglich schematische, der Wirklichkeit nicht entsprechende Darstellungen.

Das richtige Verfahren würde sein, unter Berücksichtigung der Verschlackungsreaktion von Probenahme zu Probenahme den wirklichen Stand der Dinge, namentlich die absoluten Quantitäten zu ermitteln, welche bei jeder Probenahme vorhanden sind.

Die von Kollmann beschriebene Charge wurde mit einem Eisen abgeführt, welches in der

Analyse ergab:	2,57 ‰ C	5,14 ‰ Mn	3,21 ‰ Si	0,0397 ‰ S	0,975 ‰ P
Der Satz von 225 Kilo enthielt mithin	5,78 Kilo C	11,63 Kilo Mn	7,22 Kilo Si	0,089 Kilo S	2,21 Kilo P
welche im Roheisen auf einem Schlackenbett von bekannter Zusammensetzung, doch unbekanntem Gewicht eingeschmolzen wurden. Der gebildete Satz enthielt nach Verlauf von 34 Minuten . . .	2,80 ‰ C	2,68 ‰ Mn	1,09 ‰ Si	0,0159 ‰ S	0,582 ‰ P
Berechnet man das Gewicht der Charge aus der scheinbaren Zunahme des Kohlenstoffs, so erhält man $\frac{257}{280} \times 225 = 206{,}5$ Kilo, sodass in dem Satz sich befanden	5,78 Kilo C	5,53 Kilo Mn	2,25 Kilo Si	0,033 Kilo S	1,20 Kilo P
sodass oxydirt wurden	0,00 Kilo C	6,10 Kilo Mn	4,97 Kilo Si	0,056 Kilo S	1,01 Kilo P
ausserdem noch $225 \times 88{,}0 - 206{,}6 \times 92{,}75$ *Fe* oder 6,47 Kilo. In ähnlicher Weise berechnen sich aus dem Ergebniss der dritten Analyse des Eisensatzes im Ofen, welche an Kohlenstoff zeigt und welche ergibt	2,89 ‰ C	2,53 ‰ Mn	0,23 ‰ Si	0,0130 ‰ S	0,561 ‰ P
eine Metallmenge von nur noch 197,6 Kilo, die sich vertheilen, ausser auf Eisen — wie folgt .	5,78 Kilo C	4,999 Kilo Mn	0,45 Kilo Si	0,025 Kilo S	1,108 Kilo P
Es sind mithin in den 52 Minuten bis zur Entnahme der 2. Probe verbrannt	0,00 Kilo C	6,632 Kilo Mn	6,768 Kilo Si	0,064 Kilo S	1,104 Kilo P

In dieser Weise kann man, wenigstens bis zum Beginn des Frischens die absoluten Verhältnisse aus der bloss relativen Analyse berechnen. Der weitere Verlauf des Gesammtabbrandes würde nur festzustellen sein durch Schlackenberechnungen, zu denen das Material noch nicht vollständig genug ist (trotz der grossen Zahl von Analysen).

§ 155. Der Weg dieser Rechnung soll hier angedeutet werden, indem der Uebergang von der im Ofen befindlichen zu der bei der Entnahme der 2. Probe befindlichen Schlacke untersucht wird.

Zunächst ist auf die Oxydation der Bestandtheile des Abbrandes näher einzugehen.

Diese Mengen, nämlich 6,47 Kilo *Fe* gaben:	Fe_3O_4	Fe_2O_3	6,4 Kilo	
		FeO	2,78 „	
6,10 „ *Mn* „		MnO . . .	7,47 „	
4,97 „ *Si* „		SiO_2 . . .	10,65 „	
0,56 „ *S* „		FeS	1,54 „	
1,01 „ *P* „		P_2O_5 . . .	2,31 „	
		Zusammen:	31,35 Kilo,	

welche zu der bereits vorhandenen Schlacke treten. Diese Ausrechnung lässt unberücksichtigt, ob und wieviel des neuentstandenen Magnetoxyds an der Oxydation der gleichzeitig sich oxydirenden Elemente (*Si* und *P*) betheiligt ist, ferner, ob diese Oxydation theilweise oder vorwiegend vor der bereits vorhandenen Schlacke bewirkt wurde.

Wüsste man genau, wieviel Schlacke in dem Ofen war, als man das Eisen einsetzte, so könnte man vielleicht unter Zugrundelegung der ersten beiden Schlackenanalysen durch Rechnung ermitteln, wie die Oxydation verlaufen ist. Da aber in den seltensten Fällen es angehen wird, die Schlackenmenge, die nach dem Verlassen der letzten Luppe bleibt, direkt zu wägen oder in irgend einer Weise sicher abzuschätzen, so sind nur Rechnungsoperationen möglich, die aber allerlei Voraussetzungen verlangen, wenn man die Resultate als nur einigermaassen den thatsächlichen Verhältnissen entsprechend ansehen will.

Man könnte den Versuch, die Schlackenmenge aus den analytischen Ergebnissen und den gefundenen Zugängen zur Schlacke zu berechnen nur dann machen, wenn man den Eisenaufwand des Schwefeleisens, die Sauerstoffverluste der Schlacke und die sonstigen Verschiebungen in der Schlacke vernachlässigen wollte. Auch der unberechenbare Einfluss des Herdes selbst kann nicht in Betracht gezogen werden.

Nimmt man irgend einen der nicht veränderlichen Bestandtheile der Schlacke, so ist klar, dass die absolute Menge desselben $= \frac{n}{100} \times q$ ist, wenn n das auf 100 bezogene analytische Ergebniss, q dagegen die Schlackenmenge ist.

Im vorliegenden Fall sei x die im Ofen befindliche Schlacke, sodass die Quantität der zweiten Schlacke $x + 31{,}35$ sein wird. Bezeichnet man mit n und n_1 die analytisch gefundenen Mengen desselben Bestandtheils in beiden Schlacken und mit a den aus der Roheisenanalyse berechneten absoluten Zuwachs des Bestandtheils in der zweiten Schlacke, so kann man in dieser letzteren für die absolute Menge des Bestandtheils zwei Ausdrücke gebrauchen, je nachdem man die Werthe n oder n_1 benutzt.

Nimmt man n, so ist die Menge des gedachten Stoffes

$$\frac{n}{100}(x) + a;$$

benutzt man dagegen n_1, so hat man für denselben Werth den Ausdruck

$$\frac{n_1}{100}(x + 31{,}35).$$

Man kann mithin setzen

$$\frac{n}{100}(x) + a = \frac{n_1}{100}(x + 31{,}35) \text{ oder}$$

$$x = \frac{a - \frac{n_1}{100}(31{,}35)}{\frac{n_1}{100} - \frac{n}{100}}$$

Eine Voraussetzung muss dabei allerdings gemacht werden: die einer vollkommen sicheren Durchschnittsprobenahme und die einer sehr genauen Analyse.

Ist dies der Fall, so werden die Resultate nicht erheblich von einander abweichen, ob man den einen oder den anderen Bestandtheil dem Rechenexempel zu Grunde legt.

Wenn Unstimmigkeiten bei der vergleichsweisen Berechnung unter Benutzung verschiedener Elemente sich ergeben, so wird man am besten thun, sich an denjenigen Bestandtheil zu halten, welcher die meisten Wahrscheinlichkeiten einer richtigen Bestimmung bietet. Dies ist unstreitig die Kieselsäure, welche in diesen Puddelschlacken verhältnissmässig leicht abzuscheiden und zu bestimmen ist.

In der ursprünglichen Schlacke des Ofens beim Einsetzen des Roheisens sind $15{,}32/_{00}$ vorhanden, also, wenn x die Schlackenmenge ist, $\frac{x \times 15{,}32}{100}$ in Kilo.

Dazu treten aus der Roheisenoxydation 10,65 Kilo, so dass in der nunmehrigen Schlacke $\frac{x \times 15{,}32}{100} + 10{,}65$ Kilo Kieselsäure stecken müssen.

Die Analyse dieser Schlacke hat $17{,}13/_{00}$ Kieselsäure ergeben und die Schlackenmenge ist $= x + 31{,}35$, die Richtigkeit der Annahme vorausgesetzt, dass sich die Oxydationen der Eisennebenbestandtheile so abwickeln, wie im Vorstehenden angegeben ist.

$$\text{Die Gleichung } \frac{x \times 15{,}32}{100} + 10{,}65 = \frac{(x + 31{,}35) \times 17{,}13}{100}$$

$$\text{ergibt die Grösse } x = \frac{10{,}65 - 5{,}37}{(0{,}1713 - 0{,}1532)} = 296{,}7 \text{ Kilo.}$$

Macht man die Probe mit der Benutzung der Phosphorsäure und des Manganoxyduls, welche die Analysen ergeben, so erhält man ganz andere Schlackenmengen und zeigt sich die Abweichung um so grösser, je geringer die gefundenen Mengen sind, je grösser also die Fehler im Verhältniss zur Menge der gefundenen Substanz werden können.

§ 156. Liegt eine Reihe von Untersuchungen vor, die bei Anwendung der vorstehenden Rechnung geringe Abweichungen ergeben, so ist der weitere Weg der, die Bestandtheile der Schlacke in absolute Quantitäten umzurechnen und dann zur Untersuchung der Veränderungen dieser Quantitäten überzugehen, indem man, solange das Steigen des Kohlenstoffgehalts anhält, durch umgekehrt proportionalen Ansatz die Menge des bei der entsprechenden Probenahme vorhandenen Satzes berechnet, dessen Abbrand und die Schlackenzunahme berücksichtigt und nun weiter operirt.

Bei dem Beginn der Kohlenstoffoxydation angelangt, wo der Berechnungsmodus für den Abbrand unmöglich wird, muss man natürlich, um den weiteren Verlauf der Abbrandlinie festzustellen, den Eisengehalt der Schlacke zu Hilfe nehmen. Dabei stösst man aber auf eine neue Schwierigkeit, die sich daraus ergibt, dass beim Steigen des Eisens die Schlacken übertreten und ablaufen, ohne dass das Gewicht derselben bestimmt wird.

Man sieht, dass bei allem guten Willen, ein wirkliches Bild des Verlaufs des Puddelns zu entwerfen, man schliesslich nur bis zum Beginn der Kohlung eine Umrechnung der Analysen der Roheisen in Eisenanalysen mit einigem Anspruch auf Gültigkeit vornehmen kann.

Alles Weitere sind unsichere Conjekturen, und man kann nur so verfahren, dass man den zuletzt bestimmten Punkt der Eisenabbrandlinie mit dem durch die Schlussabbrandziffer bestimmten Punkt im Diagramm durch eine gerade Linie verbindet und derselben an solchen Stellen, wo die Schlacke eisenreicher wird, eine geringe Flexion nach unten hin gibt.

Das auf S. 251 stehende Diagramm ist unter Benutzung der angeführten Rechnungsoperationen entworfen und stimmt im Wesentlichen mit dem 1874 vom Verfasser publicirten überein (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1874, S. 186).

Zur Erläuterung desselben ist die Analysenreihe hier mitgetheilt:

			C	*Mn*	*Si*	*S*	*P*	Siehe Diagramm
1. Probe des grauen Roheisens			2,57	5,14	3,21	0,0397	0,975	
2. Probe des gebildeten Satzes	nach 43	Minuten	2,80	2,68	1,09	0,0159	0,582	I
3. Probe der Eisenkörnchen	„ 9	„	2,89	2,53	0,23	0,0130	0,561	II
4. Probe des Eisens	„ 3	„	2,78	2,20	0,21	0,0122	0,30	III
5. Probe vom Beginn des Umsetzens	„ 7	„	2,63	1,31	0,22	0,0120	0,25	IV
6. Probe vom letzten Umsetzen	„ 39	„	1,65	0,65	0,23	0,0117	0,21	V
7. Probe vom Anfang des Luppenmachens	„ 5	„	1,38	0,326	0,211	0,0110	0,181	VI
8. Probe von der ersten Luppe	„ 13	„	0,86	0,280	0,108	0,0103	0,170	VII
9. Probe vom letzten Stab	„ 10	„	0,63	0,156	0,092	0,0098	0,123	VIII

Kollmann hat sich, wie auch bei den Schlacken, die Mühe gemacht, die Ergebnisse seiner Untersuchungen in Procente der im grauen Roheisen vorgefundenen Verhältnisse umzurechnen und danach ebenfalls Diagramme zu construiren. Derartige mühevolle Arbeiten vermögen nicht ein so richtiges Bild zu geben, wie es das corrigirte Diagramm der Analyse selber liefert.

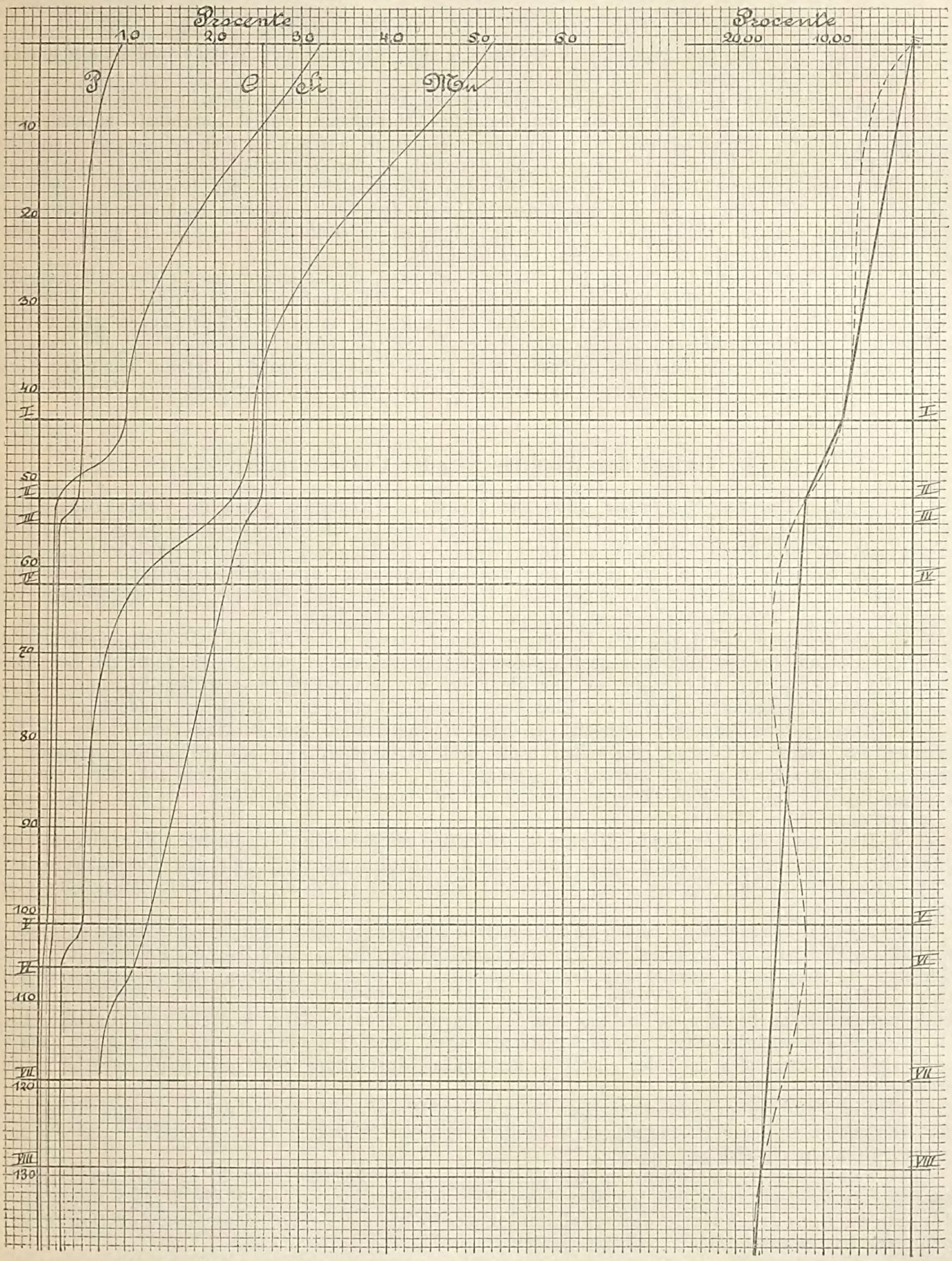
§ 157. Das Diagramm ist auf Seite 251 dargestellt und besteht aus zwei Systemen, von denen das linke die Abnahmecurven der Nebenbestandtheile, das rechte die Abnahmeverhältnisse der Charge, d. h. der Abbrandlinie verzeichnet enthält, nach welcher die analytischen Ergebnisse corrigirt und aufgetragen wurden. Das Netz, auf welchem beide Systeme aufgezeichnet worden sind, gibt in der (hier horizontal gelegten) Ordinatenaxe links 0,1 Procente, rechts ganze Procente für jedes Intervall, während in der verticalen Richtung, der der eigentlichen Abscissenaxe, jedes Intervall eine Minute bezeichnet, die von oben nach unten zu zählen sind.

Von 10 zu 10 Minuten sind stärkere Striche gezogen, ebenso in verticaler Richtung von 10 zu 10 Intervallen; links also von Procent zu Procent, rechts von 10 zu 10 Procent.

Die Horizontalen I—I bis VIII—VIII bezeichnen die Zeiten der Probenahmen und auf ihnen sind die entsprechenden Mengen der verschiedenen Stoffe sowie der Abbrand der Charge aufgetragen, soweit derselbe berechnet werden konnte. Für die Bestimmungen I—I und II—II sowie für das Ende der Operation war diese Berechnung möglich, während sie für die Zwischenstadien unmöglich erschien. Aus diesem Mangel an Anhaltspunkten konnte nichts weiter geschehen, als diese drei Auftragungen an richtiger Stelle zu machen und dann die gefundenen Punkte durch gerade Linien zu verbinden.

Der Abbrand beträgt hiernach

bei Probenahme	I	ca. $8/_{00}$	des ursprünglichen Quantums,	so dass	$92/_{00}$	verbleiben.
„ „	II	„ $12\frac{1}{4}/_{00}$	„ „	„ „ „	$87\frac{3}{4}/_{00}$	„
„ „	III	„ $12\frac{1}{2}/_{00}$	„ „	„ „ „	$87\frac{1}{2}/_{00}$	„
„ „	IV	„ $13/_{00}$	„ „	„ „ „	$87/_{00}$	„
„ „	V	„ $15\frac{1}{4}/_{00}$	„ „	„ „ „	$84\frac{3}{4}/_{00}$	„
„ „	VI	„ $15\frac{3}{4}/_{00}$	„ „	„ „ „	$84\frac{1}{4}/_{00}$	„
„ „	VII	„ $16\frac{1}{2}/_{00}$	„ „	„ „ „	$83\frac{1}{2}/_{00}$	„
„ „	VIII	„ $17/_{00}$	„ „	„ „ „	$83/_{00}$	„


Procente
1,0
2,0
3,0
4,0
5,0
6,0
P
C
Si
Mn
10
20
30
40
I
50
II
III
60
IV
70
80
90
100
V
VI
110
VII
120
VIII
130
Procente
20,00
10,00
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII

Multiplicirt man die analytischen Ergebnisse

von Probe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
mit	0,92	0,8775	0,8725	0,87	0,8475	0,8425	0,835	0,83

so erhält man corrigirte, den wirklichen Verhältnissen mehr entsprechende Werthe, welche alsdann zur Verzeichnung des Diagramms zu verwenden sind.

Die neben dem in starken Strichen ausgezogenen Verlauf des Abbrandes in gestrichelter Manier einhergehende geschweifte Linie ist eine hypothetische Abbrandcurve, welche eventuell zu noch ganz anderen Correkturen führen könnte, wenn die Voraussetzungen, auf die sie sich gründet, fest stünden.

Die Oxydationslinien der Elemente (der Schwefel ist der Geringfügigkeit halber fortgelassen) sind, von links anfangend, mit *P, C, Si, Mn,* den Atombezeichnungen der betreffenden Elemente, charakterisirt. Sie beginnen an den durch den Nachweis der Roheisenanalyse bedingten Punkten und sind in Curven gezogen, wobei aber die Durchschneidungen der Ordinaten I—I, II—II u. s. w. genau nach den Auftragungen der corrigirten Analysen bestimmt sind.

Ueber den Verlauf der Curven ist nichts zu bemerken, da das Diagramm für sich selbst spricht. Die Knicke in den sämmtlichen Curven, in der Gegend der Probenahmen I—I bis IV—IV, sind wohl dem stark oxydirenden Einfluss einer kurz vor dem Zeitpunkt der ersten Probenahme zugesetzten Portion Walzsinter und Hammerschlacke zuzuschreiben, ebenso sind die etwas stärkeren Abnahmen zwischen V—V und VII—VII einem analogen Einflusse, d. h. einem Schlackenzusatz im letzten Theil der Kochperiode zuzuschreiben. Diese Einflüsse machen sich immer erst nach Schmelzen und Vertheilen der Zusätze geltend.

D. Verlauf der Windfrisch- oder Converterprocesse.

§ 158. Das von Bessemer 1856 zur öffentlichen Kenntniss gebrachte Verfahren, durch Einblasen von Luft in geschmolzenes flüssiges Roheisen Schmiedeeisen und Stahl zu erzeugen, hat der Eisenindustrie eine durchaus veränderte Stellung und eine enorme Ausdehnung gegeben.

Die Massenfabrikation homogener (oder nahezu homogener), dabei billiger Produkte von schmiedbarer Qualität wurde in bis dahin ungeahntem Maass möglich, und für eine sehr ausgedehnte Verwendung kam das Produkt der anderen Frischprocesse ausser Gebrauch.

Die Zeit der Ausbildung des Verfahrens dauerte etwa sechs Jahre (1856—62), doch von da ab wuchs die Zahl der das Verfahren ausführenden Hüttenwerke stetig, und da gleichzeitig die Leistungsfähigkeit der Apparate selbst stieg, so war die Folge der neuen Erfindung schliesslich eine sehr bedeutende Produktionszunahme, trotz des Eingehens oder des Kaltlegens zahlreicher Puddelöfen.

Auch spätere Versuche, in Bezirken, deren Rohmaterialien und sonstige Verhältnisse die Einführung des neuen Verfahrens einstweilen noch nicht gestatteten, eine starke Puddlingsindustrie zu erhalten und zum Theil neu zu begründen, schlugen fehl, und das neue Verfahren fuhr fort, ein weit besseres Produkt, als die Puddelöfen es vermochten, zu einem Preise zu liefern, der nur etwa 7—8 ‰ theuerer war.

Das von Thomas und Gilchrist 1878/79 veröffentlichte modificirte Verfahren, auf basischem Futter zu blasen und dadurch zu entphosphoren, gab den Converterprocessen einen neuen Aufschwung, dessen Folgen sich im Augenblick (1885/86) noch nicht vollständig übersehen lassen.

Jedenfalls bedeuten die beiden in der äusseren Ausführung ganz ähnlichen, nur in der chemischen Ausstattung der Apparate verschiedenen Processe das Erlöschen der grössten Zahl der Puddelöfen, namentlich aber die zunehmende Verdichtung der Eisenindustrie in weniger Bezirken und an weniger Stellen.

Wenn dennoch die im Vorhergehenden geschilderten Frischmethoden noch ein gewisses Interesse in Anspruch nehmen konnten, so ist dies nur dem Umstand zuzuschreiben, dass sie erstens theoretisch interessante und wichtige Ermittelungen gestattet haben, und dass sie zweitens noch nicht ganz so todt sind, als man sich nach der eingetretenen rapiden Ausbreitung der Converterprocesse leicht vorstellen könnte.

Die Puddelprocesse concurriren in mancher Hinsicht durch eine grössere Bequemlichkeit in der Bearbeitbarkeit ihrer Produkte noch hinlänglich mit den Produkten der Converterprocesse, um noch gewisse Stimmen für sich zu vereinen.

Selbst die noch lebenden Herdfrischprocesse kommen, soweit es sich um besondere Specialitäten handelt, neben den beiden anderen Processen fort, wenn auch die Frage nach einer dauernden Concurrenz mit der wachsenden technischen Vervollkommung der Converterprocesse immer entschiedener verneint werden muss.

§ 159. Obwohl der Erfolg der letzteren auf das Engste mit der Erfindung und Vervollkommung ihrer mechanischen Hilfsmittel zusammenhing und noch hängt, so hat doch auch die

betriebliche und die theoretische Seite des Verfahrens reiche Ausbeute an Erfahrungen und Gesetzen geliefert, wie schon aus der ganzen Gasabsorptions- und -Einschlussfrage, dann aus den früheren Betrachtungen über die Elimination der Nebenbestandtheile hervorgeht. Das theoretische Material ganz besonders ist gerade seit dem Inslebentreten der Converterprocesse sehr angewachsen und hat auch rückwirkend auf die Auslegung und Erklärung der älteren Frischprocesse günstig eingewirkt, wie dies eine vergleichende Behandlung ja bekanntlich immer thut.

Trotz des reichen Materials ist dennoch die ganze jetzt feststehende Theorie des Verlaufs der Converterprocesse eine hinlänglich einfache, um rasch und übersichtlich erledigt zu werden. Das Rohmaterial ist durchschnittlich gleichförmiger, weil eine verschiedene, eine individuelle Leitung der Arbeit nicht in gleichem Grad möglich ist, als bei den anderen Processen. Das Programm ist ein weit einfacheres, darum enger abgegrenztes, der Verlauf ist sehr rasch, die Produktionsquantitäten enorm, wenn man sie im Gegensatz zu den Ziffern der älteren Processe betrachtet.

Dadurch ist eine genauere Auswahl des Materials, eine schärfere Prüfung und Unterscheidung der Produkte geboten, und die einzige Einwirkung, die auf den Process modificirend einwirken könnte, wäre eine Abweichung in der Vorbereitung des Materials (Einschmelzen) und in der Qualität der gebrauchten Endzusätze.

Man schmilzt heisser oder kälter ein, man setzt viel oder wenig von dem durch Erfahrung bewährten Zusatz der Charge ein, man wechselt sogar die Zusätze und verändert dadurch die Natur des Converter-Endprodukts.

Der Gang der Arbeit im Grossen und Ganzen wird aber durch derartige Maassnahmen nicht erheblich abgeändert; es entsteht kein vollständig anderes Bild von dem Verlauf der Charge, obwohl in technischer Beziehung wohl schärfere Unterscheidungen dadurch veranlasst werden.

Auch die Controle des Verlaufs ist eine ausserordentlich einfache; wegen der Raschheit des Ganges kann man nicht viel mehr thun, als den Anfang und das Ende des Processes beobachten und regeln. Praktische Proben sowie ein geübtes Auge sind die hauptsächlichsten Hilfsmittel, während die mit so grossen Erwartungen begrüsste Anwendung des Spektroscops eigentliche Erfolge nicht gezeigt hat.

Die nachfolgenden Besprechungen gliedern sich hauptsächlich nach der Reaktion der Apparatausfütterung, denn man unterscheidet sauere Converterfutter und basische Converterfutter; vorübergehend wandte man auch Erzfutter an in Verbindung mit den saueren Futtern, doch ohne grossen Erfolg.

In neuester Zeit hat man versucht, den Converterprocess zu theilen und demselben eine räumliche und zeitige Gliederung zu geben, um für die Bearbeitung einzelner Roheisensorten eine grössere Bequemlichkeit herbeizuführen.

Auch die versuchte Einführung eines Kleinbetriebes bildet eine eigenthümliche, ebenfalls ganz neue Variation des alten Thema.

Allgemeiner Verlauf der Converterprocesse.

§ 160. Der Verlauf der Converterprocesse, wie sie sich in der nunmehrigen Praxis darstellen, ist ein ausserordentlich rascher.

Das Material, welches verarbeitet werden soll, wird nicht im Frischapparat selbst, sondern in geeigneten Umschmelzapparaten in flüssige Form gebracht und dabei oft bis zu einem hohen Grade überhitzt, so dass es sehr heiss aus dem Umschmelzapparat entnommen werden kann.

Die Wahl des Umschmelzapparates ist an sich für den Process technisch gleichgültig, wenn nur die erforderliche Hitze und der erforderliche Flüssigkeitsgrad erreicht werden; lokale, d. h. ökonomische Rücksichten auf das vorhandene Brennmaterial sind vielfach für die Wahl bestimmender als rein technische.

Das flüssige Roheisen wird nunmehr in den Frischapparat abgestochen, als welcher die von Bessemer erfundene Birne, auch Retorte oder Converter genannt, vorwiegend funktionirt, weil sie mit grosser Sicherheit und Bequemlichkeit alle Manipulationen gestattet, welche vorgenommen werden müssen. Die ursprünglichen festen Oefen sowie neuere Abweichungen von der seither gebrauchten Form der Birnen haben nur kurze Zeit die Aufmerksamkeit und das Interesse der Techniker in Anspruch genommen, wenn auch für einzelne Fälle Brauchbares geboten worden sein mag; bei der Ausbildung der Apparate wird auf diese Modificationen einzugehen sein.

Durch die Aufrichtung des Converters, nachdem durch die auf der Bodenfläche vertheilten Düsen der Wind zugelassen worden ist, tritt das Metallbad plötzlich über die Mündungen dieser Düsen und wird in eine brodelnde Bewegung versetzt, welche zunächst in gewisser Regelmässigkeit erfolgt, wie beim Durchblasen von Wasser mit Luft, die aus einem eingetauchten Rohr dringt.

Es erscheint am Maul des Converters eine Flamme, die anfänglich keine grosse Helligkeit zeigt, aber bei geeigneter Eisenqualität sehr bald an Leuchtkraft wächst und unter Funkenwerfen allmälig die Farbe blendender Weissgluth annimmt, allerdings unter Begleitung wechselnder Farbenerscheinungen.

Das gleichmässige Brodeln des Bades macht nunmehr einem stossweisen Aufkochen unter heftigen, von Explosionen begleiteten Auswürfen von Schlacken und selbst Metallmassen Platz, welches nur durch die Bildung gasförmiger Verbrennungsprodukte erklärt werden konnte und in Folge dessen dem sich oxydirenden Kohlenstoff zuzuschreiben war.

Wie die theoretischen Untersuchungen Müller's deutlich zeigen, tritt die Kohlenstoffoxydation und damit das Kochen und Stossen des Bades sehr verschieden ein, je nach der Temperatur des Bades und unabhängig vom Verlauf der übrigen Oxydationen.

Das Ende der Operation thut sich kund in einem Nachlassen der Flammengluthfarbe und in ihrem Verschleiern durch dampfförmige Produkte, doch sind diese Phänomene bei jedem Material und bei jeder Charge etwas anders, so dass man nach dem Aussehen der Flamme das Ende der Operation nicht gut beurtheilen kann.

Da schon Bessemer die Erfahrung gemacht hatte, dass das vollständig entkohlte Produkt technisch ungeeignet sei, so wird bei nahezu allen Converterprocessen mit Rückkohlung gearbeitet und hierbei besonders manganreiche Zusätze verwendet, anfänglich einfaches Spiegeleisen, später Ferromangan, Mangansilicit und andere ähnliche Materialien. Dieser Zusatz wird theils fest, theils flüssig angewandt; die letztere Form ist stets vorzuziehen.

Bei dem basischen Process ist der Zeitpunkt des Zusatzes reducirender Mittel etwas später, nach geschehenem Ueberblasen, d. h. vollständiger Elimination des Phosphors eingetreten. (Siehe nächsten Paragraph.)

Sobald die Mischung, sei es durch nochmaliges Aufrichten und kurzes Blasen, sei es durch Stehenlassen, geschehen ist, wird das Produkt in eine Gusspfanne ausgegossen und dabei nochmals eine Mischung und Homogenisirung bewirkt.

Diese Gusspfanne, hydraulisch bewegt, um sicheres Heben, Senken und Drehen zu gestatten, entlässt das Converterprodukt eventuell nach hinlänglicher Abkühlung durch eine im Boden befindliche, mittelst einer geeigneten Vorrichtung verschliessbare Stichöffnung in die Formen der Blöcke, welche früher in einer Dammgrube standen, heute wohl vorwiegend so aufgestellt sind, dass nur eine ganz flache Grube, oftmals gar keine erforderlich ist.

Sobald die noch im Converter befindliche Schlacke, von der nur ein Theil in die Gusspfanne gelangt, ausgegossen ist, kann der Converter sofort wieder in Gebrauch genommen werden, wenn er nicht zu sehr zerstört ist.

§ 161. Dieser Verlauf des Converterprocesses wird natürlich modificirt durch das Verhältniss der Grundstoffe, d. h. der Nebenbestandtheile, und durch die Behandlung des Materials.

Im Grossen und Ganzen folgen sich allerdings die der Oxydation unterworfenen Substanzen in derselben Reihe, wie früher bei den anderen Frischprocessen nachgewiesen wurde.

Es entstehen nacheinander Magnetoxyd $= R_3O_4$ (mit viel MnO), dann die Oxydationsprodukte des Siliciums und des Kohlenstoffs und bei hinlänglicher Basicität der Schlacke auch noch das Oxydationsprodukt des Phosphors, aber diese Reihenfolge wird gestört und verwischt durch die grosse Raschheit und die Energie des ganzen Processes, sowie durch Schwankungen in der Vorbereitung, d. h. der Umschmelzung des Rohmaterials.

Manche Roheisensorten beginnen nahezu augenblicklich zu frischen, wenn das Bad über den Wind getreten ist, während andere erst nach längerer Frist und nach merklicher Abkühlung in deutliche Reaktion treten. Einzelne können in Folge dessen kühler eingeschmolzen werden als andere, welche eine Ueberhitzung verlangen, wenn sie nicht in Gefahr gerathen sollen, zu erstarren, ehe noch die Reaktion und damit die Wärmesteigerung beginnt.

Anfänglich waren diese Unterschiede stärker als jetzt, wo die verschiedenen Hochöfen direkt auf geeignete Eisenqualitäten hinarbeiten und sich nach den Anforderungen der Flusseisen- und Stahlwerke richten, welche Converterbetrieb führen.

Dennoch kann man nicht alle auf den Markt gebrachten Bessemer-Roheisensorten nach einer Chablone behandeln, und es sind auch innerhalb desselben Gattungsbegriffs, also innerhalb der Begriffe: saurer und basischer Betrieb, Unterscheidungen gemacht worden.

Was speciell den letzteren anlangt, so weist er auch in der Reihenfolge der Oxydate eine principielle und sehr bedeutende Abweichung auf.

Während bei dem älteren Bessemerprocess (im sauren Converter) die Verbrennung des Phosphors gar nicht in Betracht kam, weil wegen ihrer Unmöglichkeit Roheisensorten von einem bestimmten Phosphorgehalt an ausgeschlossen waren, trat im basischen Verfahren die Oxydation des Phosphors ganz naturgemäss in den Vordergrund und zeigte, die anfänglich gar nicht vermuthete, später (1879, Ostern) desto mehr überraschende Eigenthümlichkeit, dass sie bei fortgesetztem Blasen nach

vollendeter Entkohlung, beim sogenannten Ueberblasen in sehr kurzer Zeit vollständig erfolgte, wenn die Schlacke ein bestimmtes Verhältniss zwischen Säure und Basen zeigte.

Dadurch wird die Reihenfolge ungefähr die: Eisen, Mangan, Silicium, Kohle, Phosphor, während der Schwefel nach wie vor ein gefährlicher, weil nicht abscheidbarer Bestandtheil des Metallbades bleibt. Die obige Reihe schliesst selbstverständlich nicht aus, dass die Einzelreaktionen zum Theil nebeneinander verlaufen, d. h. soweit der einzelne Stoff nicht mehr ausreicht, die Energie des Vorganges allein zu absorbiren.

Calorische Grundlagen der Converterprocesse.

§ 162. Die Ausführbarkeit der Idee Bessemer's, Eisen in flüssigem Zustand mittelst durchgeblasener fein zertheilter Luft zu frischen, ohne dem Metallbad von anderer Seite her neue Wärme zuzuführen, stiess hauptsächlich deshalb auf Widerspruch und Zweifel, weil man von der Wärmeentwickelung bei den Oxydationsprocessen, wie überhaupt von dem Wärmehaushalt im Bereich der metallurgischen Processe kaum eine Vorstellung hatte, und weil man sich nicht zu der Ansicht Bessemer's bekehren zu können glaubte, dass die verbrennenden Nebenbestandtheile die erforderliche Wärme zur Erhaltung des flüssigen Zustandes liefern sollten.

Der praktische Erfolg, den die Erfindung hatte, sobald die äusseren, in der Wahl und Construktion der Apparate liegenden Schwierigkeiten überwunden waren, zeigte die Nichtigkeit der gehegten Befürchtungen sehr bald und überzeugte, dass anstatt eine Temperaturerniedrigung vielmehr eine Temperatursteigerung im Bad eintrete, sobald nur bestimmte Bedingungen, die genügende Erwärmung der einströmenden Luft im Bad selbst betreffend, erfüllt worden waren.

Sobald erst die Verbrennung des Siliciums begonnen, war die Gefahr der Abkühlung vorüber und es trat regelmässig eine Steigerung der Temperatur ein, natürlich mehr oder minder rasch vor sich gehend, je nach den speciellen Verhältnissen.

Es konnte nicht fehlen, dass man sich theoretischerseits über die Ursachen der grossen Temperatursteigerung vollkommene Gewissheit zu verschaffen suchte, indem man ähnlich wie beim Hochofenbetrieb eine Wärmebilanz aufstellte, um zu sehen, wieviel Wärme beim Process selbst entwickelt und verbraucht wurde.

Indessen kam es bei der calorischen Untersuchung des Bessemerprocesses viel weniger auf die Ermittelung irgendwelcher möglichen Ersparnisse an, wie bei dem Hochofen; es kam darauf an, die Grenzen des Gehalts an den verschiedenen verbrennenden Substanzen festzustellen und zu untersuchen, wie weit man eventuell in der Anreicherung des Roheisens an solchen heruntergehen könne.

Die Ermittelungen verschiedener Theoretiker, z. B. Jordan, Rinman, Kupelwieser und Akerman, haben eine riesige Wärmesteigerung ergeben, und sind dabei vielfach Annahmen gemacht worden, welche mit den Thatsachen wohl nicht immer ganz genau übereinstimmen, z. B. die Temperatur des Roheisens, der Gase, die Wärmeleitungsfähigkeit der Converterwände u. s. w.

Akerman, die Arbeiten seiner Vorgänger zusammenfassend, kommt zu dem Resultat, dass jede Tonne flüssigen, in den Converter abgelassenen Eisens $1000\,(1200 \times 0{,}16 + 46 + 200 \times 0{,}21) = 280000\ c$ einschliesse, wobei er die specifische Wärme des bis 1200° festen Eisens mit 0,16, die des um weitere 200° erhitzten flüssigen Eisens mit 0,21 annimmt, die latente Wärme dagegen mit 46.

Benutzt man die Gruner'schen Ermittelungen (Band II, S. 14, § 31), z. B. 280 c als Wärme des geschmolzenen Bessemer-Roheisens, so erhält man ebenfalls — 280000 c — also eine Uebereinstimmung, die aber schwindet, wenn man bedenkt, dass Gruner nur 23 c als latente Wärme des grauen Eisens annimmt, dass also aus jener Zusammenstellung Akerman's 23000 c weniger herauskommen müssten, wenn man nicht weiter voraussetzen wollte, dass die von ihm betonten speciellen schwedischen Verhältnisse auch zweifach grosse latente Wärmen für sich in Anspruch nehmen dürften, als andere Bessemerbezirke.

Die Akerman'sche Formel, nach Obigem richtig gestellt, kann nur

$$1000\,(1200 \times 0{,}16 + 23 + 200 \times 0{,}21) = 257000\ c$$

geben, also erheblich weniger wie das obige Produkt der Rechnung.

Wenn hiernach in der Bessemer-Retorte 280000 c vorhanden und im Bade vertheilt sind (die Retorte ist glühend und ziemlich auf der Höhe der Temperatur), so gehören zur Temperatursteigerung um 1° jedesmal 210 c, d. h. $1000 \times 0{,}21$ (die specifische Wärme des flüssigen Eisens).

§ 163. Zur Verbrennung jedes Procents Eisen, d. h. pro Tonne 10 Kilo, braucht man $10 \times \frac{8}{28}$ oder 2,857 Kilo Sauerstoff, welche 12,857 Kilo FeO geben, und legt man die von Gruner für das Eisenoxyd festgestellte Zahl von 4403 c pro Einheit Sauerstoff*) als Verbrennungswärme zu

*) Akerman nimmt anstatt der 4403 nur 4200 c als Wärmeproduktion des Eisens pro Einheit Sauerstoff an, während hier die Gruner'schen Ziffern benutzt werden.

Grunde, so erhält man einen Wärmezuwachs von $2,857 \times 4403 = 12579\ c$, von denen die Wärme abgeht, welche durch die Verminderung des Eisens im Metallbade und durch die Erscheinung des Eisenoxyduls, welche beide verschiedene Wärmecapacitäten haben, gebunden wird. Sie beträgt nach den Ausführungen von Akerman $(12,857 \times 0,17 - 10 \times 0,11)\ 1400$ oder $1520\ c$, so dass die Wärmezufuhr durch die Verbrennung von 10 Kilo oder $1/_{00}$ metallischen Eisens $12579 - 1520 = 11059\ c$ ist.

Diese Wärmeproduktion muss aber dazu beitragen, den aus der Retorte wieder austretenden Luftstickstoff auf 1400° (der angenommenen Austrittstemperatur der Gase) zu erhitzen.

Die ermittelten 2,857 Kilo Sauerstoff sind von 9,57 Kilo Stickstoff begleitet, welche $9,57 \times 0,244 \times 1400 = 3269\ c$ Wärme absorbiren, so dass von der producirten Wärme

11059 *c* nur noch
3269 *c*

7790 *c* in dem Metallbad verbleiben.

§ 164. Zur Verbrennung jedes Procents Kohlenstoff sind, da nur die Bildung von Kohlenoxyd vorauszusetzen ist, $10 \times \frac{8}{6}$ oder 13,33 Kilo Sauerstoff erforderlich, welche mit 44,66 Kilo Stickstoff zu atmosphärischer Luft verbunden oder gemischt sind und ein Gasgemisch von

23,33 Kilo Kohlenoxyd und
44,66 „ Stickstoff

gebildet haben.

Die producirte Wärmemenge ist $10 \times 2473 = 24730\ c$, von welchen die Abzugswärme des Sauerstoffs und des Stickstoffs abzuziehen sind, da der Kohlenstoff des Kohlenoxyds bereits im Bade selbst hocherhitzt vorhanden war.

Dieser Abzug beträgt, auf diese Weise berechnet, $13,33 \times 1400 \times 0,2182 = 4072\ c$, während Akerman anders rechnet und zunächst von der ganzen Menge des Kohlenoxyds ausgeht und dann die Wärme der Kohle in Abzug bringt.

Er erhielt

$$23,333 \times 0,2479 \times 1400^0 - 10 \times 0,241 \times 1400^0 = 4718\ c,$$

in welcher Relation die Wärmecapacität 0,241 sich auf festen Kohlenstoff bezieht. Welches Resultat das richtigere ist, mag für den Augenblick dahingestellt bleiben; im Interesse der Glaubwürdigkeit des Endresultats soll Akerman's Werth als der grössere beibehalten werden.

Die 44,66 Kilo Stickstoff entführen dem Bad 15260 *c*, wozu noch
die vorstehenden 4718 *c* treten,

so dass zusammen 19978 *c* die Retorte verlassen
und 24730 — 19978 *c* 4752 *c* im Bad verbleiben.

§ 165. Die Verbrennung des Siliciums erfordert pro $1/_{00}$ oder 10 Kilo $10 \times \frac{8}{7}$ oder 11,429 Kilo Sauerstoff, welche mit 38,261 Kilo Stickstoff in der Luft vereint sind.

Die Wärmeproduktion ist $10 \times 7830\ c = 78300\ c$, wogegen sich die Wärmeausgabe auf zwei Posten beläuft, die Erwärmung des in der Kieselsäure gebundenen Sauerstoffs auf die Badtemperatur und die vom entweichenden Stickstoff entführte Wärme.

Jene ist auf $11,429 \times 0,218 \times 1400 = 3488\ c$ und
diese auf $38,261 \times 0,244 \times 1400 = 13070\ c$,

im Ganzen also auf 16558 *c* zu veranschlagen, so dass die thatsächliche Wärmeproduktion der Siliciumverbrennung sich auf $78300 - 16558 = 61742\ c$ beläuft.

§ 166. Die Phosphorverbrennung, die Akerman damals noch nicht zu berücksichtigen brauchte, lässt sich ganz analog berechnen, da man das Produkt doch nur als Anhydrid P_2O_5 ansehen darf und kann.

10 Kilo Phosphor oder 1 Procent erfordern zu ihrer Oxydation $\frac{40}{31} \times 10$ oder 12,9 Kilo Sauerstoff, denen in der Luft $\frac{77}{23} \times 12,9$ oder 43,20 Kilo Stickstoff zugesellt sind.

Die Wärmeproduktion ist 5747×10 oder $57470\ c$, also nahezu ¾ der Leistung des Siliciums, und es steht der Phosphor deshalb an zweiter Stelle hinsichtlich seiner Bedeutung für die Converterprocesse.

Die Wärmeausgabe ist analog wie bei der Siliciumverbrennung aus zwei Posten zusammengesetzt, welche aus der Sauerstofferwärmung zur Badwärme und der Stickstofferwärmung zur Temperatur der Abzugsgase besteht.

Es besteht diese Ausgabe mithin

aus	$12,9 \times 0,218 \times 1400 =$	3937 c
und aus	$43,20 \times 0,244 \times 1400 =$	14757 c,
im Ganzen also aus		18694 c,

so dass die thatsächliche Wärmeproduktion der Phosphorverbrennung sich auf 57470 — 18694 oder 48776 c per Tonne Roheisen und Procent Phosphor herausstellt.

§ 167. Veranschlagt man einstweilen die Manganverbrennung ebenso wie die Eisenverbrennung, so liefert per Tonne Einsatz und Procent

das Eisen, bezw. Mangan . .	7790 c,
der Kohlenstoff	4718 c,
das Silicium	61742 c,
der Phosphor	48776 c an im Bad verbleibender Wärme.

Daraus berechnen sich mit Leichtigkeit Temperaturzunahmen von rund 900°, welchen allerdings auch noch die Abkühlungen im Converter, Giesspfanne etc. entgegenstehen.

§ 168. In seinen (später ausführlicher zu benutzenden) Studien über den deutschen Bessemerprocess hat Dr. Müller auch Untersuchungen und Rechnungen darüber angestellt, welche Temperaturen im Bessemerprocess selbst producirt werden.

Er hat dabei angenommen, dass die durchstreichende Luft auf die Temperatur des Bades erwärmt wird und führt als Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme die Erfahrung des Schmelzens eines Eisendrahtes im Converterhalse an. Die Verringerung des Converterinhaltes durch Abbrand wird als unerheblich bei der ganzen rechnerischen Behandlung hingestellt.

Als Urvariable wird nur die Luftmenge angesehen, als ihre Funktion die Temperatur der durch die Luftwirkung hervorgebrachten Wärmeproduktion. Diese Wärmeproduktion besteht aus der Verbrennungswärme des betreffenden Elements, vermindert um die Erwärmungswärme zur Badtemperatur 1. des Stickstoffs, 2. des Oxydationsprodukts jenes Elementes und dividirt durch das Produkt aus der Masse des Metallbades und seiner Wärmecapacität.

Für ein eingeblasenes Luftelement dx entwickelt sich die Formel für die Temperatur:

$$dy = dx \frac{b - y\,(m + n)}{0,18 \times p} \qquad \text{(I)}$$

wenn y die erzielte Temperatur, b die Wärmeproduktion der Oxydation, n die Wärmeabsorption des Stickstoffs und m die des Oxydationsprodukts und p die Masse des Bades bedeuten.

Die Berechnung von b, m, n ergibt sich aus den bekannten Ziffern für die Zusammensetzung der Luft, wie aus dem stöchiometrischen Verhältniss q des Sauerstoffs zu dem betreffenden verbrannten Körper.

Das Luftelement dx wird $0,24 \times dx$ an Sauerstoff und $0,77 \times dx$ an Stickstoff enthalten und $q \times 0,23 \times dx$ von dem betreffenden Körper oxydiren.

Das Verbrennungsprodukt wird, um auf die Temperatur y zu kommen, die Wärmemenge $m = dx \times 0,23 \times q_, \times s_, \times y$ Calorien aufnehmen, wenn $q_,$ der Quotient $\frac{\text{Moleculargewicht des Produkts}}{\text{Moleculargewicht des Sauerstoffs}}$ ist und $s_,$ die Wärmecapacität des Verbrennungsprodukts.

Der Stickstoff beansprucht an Wärme

$$n = dx \times 0,77 \times s_{,,} \times y \text{ Calorien,}$$

wenn $s_{,,}$ die Wärmecapacität des Stickstoffs ist.

Die Formel (I) wird, behufs weiterer Benutzung, vereinfacht, wenn

$$\frac{b}{0,18 \times p} = c_, \qquad \frac{m + n}{0,18 \times p} = c_{,,}$$

gesetzt werden und man erhält:

$$\frac{dy}{dx} = c_, - y_, c_{,,} \qquad \text{(II),}$$

$$\text{woraus} \quad dx = \frac{dy}{c_, - y_, c_{,,}} \quad \text{und}$$

$$x = \int \frac{dy}{c_, - y_, c_{,,}} = - \frac{1}{c_{,,}} \, ln\,(c_, - y\,c_{,,}) + C.$$

Da für $x = o$ die erzeugte Temperatur $y =$ der Anfangstemperatur des Bades sein muss, die mit a bezeichnet werden kann, so ist C leicht zu eliminiren, denn es ergibt sich

$$x = \frac{1}{c_{,,}}\, ln \left(\frac{c_{,} - a\, c_{,,}}{c_{,} - y\, c_{,,}}\right) = \frac{1}{c_{,,}}\, ln \frac{\frac{c_{,}}{c_{,,}} - a}{\frac{c_{,}}{c_{,,}} - y}$$

Aus Formel (II) entwickelt sich mit Leichtigkeit das Maximum für y, indem die Ableitung von y also $\frac{dy}{dx} = o$ gesetzt wird, d. h. $c_{,} - y c_{,,} = o$ und für diese Wendung der Funktion ist $y = \frac{c_{,}}{c_{,,}}$ welche Maximaltemperatur mit w bezeichnet werden mag. Setzt man für den Unterschied der Anfangstemperatur und der Maximaltemperatur $w - a$, d, so wird

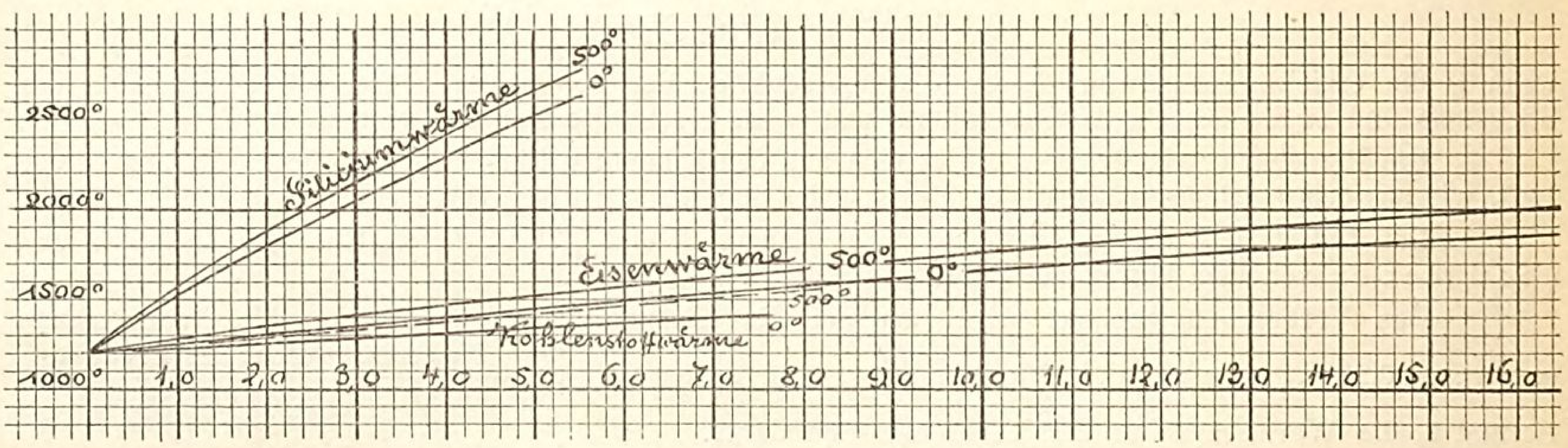
$$x = \frac{1}{c_{,,}}\, ln \frac{d}{w - y}$$

woraus $e - x c_{,,} = \frac{w - y}{d}$ und

$$y = w - \frac{d}{(e^{c_{,,}})} \qquad \text{(III)}$$

§ 169. Aus dieser Funktion hat Müller drei Diagramme berechnet, unter der Voraussetzung, dass die Chargengrösse 7500 Kilo betrüge, und dass 140 Kilo Luft per Minute in die Retorte geblasen werden. Die Anfangstemperatur der Reaktionen ist auf 1200° angenommen und für die Verbrennungswärmen der Elemente sowie die Wärmecapacitäten sind die bekannten Werthe eingesetzt, für das Eisen speciell 0,18 bei 1200°.

Da die von Müller gegebenen Diagramme nicht ganz gleiche Coordinatenverhältnisse haben, so sind dieselben zu einem einzigen Diagramm nachstehend verschmolzen worden, welches die verschieden starke Temperatursteigerung bei der Verbrennung der verschiedenen Elemente zeigt.



Es sind zweierlei Temperaturen der zugeführten Luft vorausgesetzt worden: 0° und 500°, während die Pressungsverhältnisse der Gebläse eine Temperatursteigerung von 100° in der Regel bedeuten.

Die weggelassene Manganlinie wird etwas, doch unerheblich steiler ansteigen als die Eisenlinie und die Linie des Phosphors vermuthlich etwas unterhalb der Curve für die Siliciumwärme zu liegen kommen.

Ausser den angegebenen Linien hat Müller auch noch die Maximaltemperaturen für die zwei mässigeren Verbrennungserscheinungen in die Diagramme gezeichnet. Dieselben liegen für den Kohlenstoff bei 1500°, für das Eisen bei 3100°; nur die erstgenannte Zahl ist von theoretischem und technischem Werth, weil doch nahezu der gesammte Kohlenstoff verbrennen kann. Bei dem Eisen der Charge ist ein solcher Fall nicht denkbar und wird nicht eintreten, da man bestrebt ist, so wenig Eisen als möglich zu verbrennen.

Die Curve der Kohlenstoffwärme oder der entsprechenden Temperatursteigerung, für Luft von 500° ermittelt, fällt fast genau mit der Curve der Eisenverbrennungswärme bei Zuführung der Luft mit 0° zusammen.

Verlauf und Theorie des saueren Processes oder des eigentlichen Bessemerns.

§ 170. Schon aus der S. 253 gegebenen, ganz allgemeinen Darstellung des Converterprocesses war zu ersehen, dass von einer gleichen Zergliederung und Leitung des Verfahrens nicht die Rede sein kann, wie sie bei der Schilderung des Puddelprocesses eingehend besprochen worden ist.

Abgesehen vom rascheren Verlauf und der Unmöglichkeit, dem Gang des Processes anders beizukommen, als durch Auswahl und Vorbereitung des Materials, sowie durch Zusätze verschiedener Natur, liegt in der Energie des Processes, dem Ineinandergreifen der verschiedenen Reaktionen eine grosse Schwierigkeit für die Unterscheidung und Auffassung der einzelnen Vorgänge.

Mit der Eintheilung in Perioden etc. war praktisch noch weniger zu machen, als bei dem Puddelprocess und es kam vielmehr darauf an, durch genaue Untersuchung einzelner Ausführungen der Erkenntniss aller zusammen sich abspielenden Vorgänge näher zu treten. Wenn man auch nach und nach aus dem äusseren Verlauf des Processes Schlüsse für die inneren Vorgänge zog, so blieben doch die unterscheidenden Charaktere undeutlicher als bei den älteren Frischprocessen und es musste immer von Neuem zu Proben und Untersuchungen geschritten werden, sobald die Materialienbeschaffenheit oder die Anforderungen an die Produkte sich änderten.

Nach und nach gelangte man zu Erfahrungen in der Behandlung verschiedener Roheisensorten, ihrer gegenseitigen Vermischung und der Modification derartiger Gemische durch die Einschmelzung etc., welche gestatteten, den Kreis der verwendbaren Materialien zu erweitern und sich nach und nach von dem in der ersten Zeit als allein brauchbar angesehenen Cumberländer Roheisen, dem sich das von Nordlancashire anschloss, zu emancipiren.

Schweden hatte in seinen grauen festen Eisensorten bereits ein geeignetes Rohmaterial gefunden und auch in dieser Hinsicht sehr viel zum Fortschritt des Processes beigetragen. Deutschland folgte ihm und es verdienen hier ganz besonders die Verdienste von Hörde hervorgehoben zu werden, welches Werk, soviel bekannt, schon in Paris 1867 Produkte aus deutschem Bessemer-Roheisen ausstellte, ebenso wie auch Georgs Marienhütte bei Osnabrück Muster von Stahlwaaren, besonders Bleche und andere Fabrikate, aus dem eigenen Hochofenprodukt dargestellt, gebracht hatte.

Für die weitere Entwickelung der continentalen Bessemereisenindustrie ist weiter nichts anzuführen, als dass die wachsende Benutzung fremder Qualitätserze in Verbindung mit einheimischem Material auch die anfänglich ungünstiger situirten Bezirke in die Lage versetzten, qualificirtes Rohmaterial zu verblasen und dabei die oft geringfügigeren einheimischen Erzvorkommnisse besserer Qualität mit zu verwerthen.

Die Erzbeschreibungen im ersten, die Roheisenanalysen und Hochofenprocesse im zweiten Band geben hinlänglich Belege für diese Verhältnisse.

§ 171. Ein älterer mit einheimischem Eisen geführter Bessemerbetrieb ist von dem Verfasser dieses in der Preussischen Zeitschrift 1867 beschrieben worden; derselbe wurde auf dem hauptsächlich nach steyerischem Modell 1865—67 erbauten älteren Bessemerwerk der Königin Marienhütte geführt und gab folgende Hauptmomente.

Das ausgesuchte graue Roheisen des eigenen Werkes wurde in regelmässigen Gichten von 200 bis 300 Kilo (wozu noch Stahlabfälle, missrathene Ingots u. A. kamen) auf einen, zwischen 50 und 75 Kilo variirenden Cokessatz aufgegeben und in einem sehr weiten, auf die damals ausschliesslich benutzten Cokes von Zwickauer Kohlen construirten Ofen niedergeschmolzen.

Später ging man von diesen Cokes und von den darauf berechneten Oefen zu anderen Constructionen über und verbraucht jetzt ausschliesslich härtere englische und westfälische Cokes, welche nahezu das Einundeinhalbfache leisten, ohne ein gleiches Quantum Asche zu besitzen.

Das Frischen selber bot nachstehende Erscheinungen: Sobald der Cupolofen die erforderliche Eisenmenge angesammelt hatte und Veranlassung zum Abstechen war, wurde die mit Cokes angewärmte und aufrecht unter dem Essenschirn stehende Birne umgelegt, die Cokes nach der Dammgrube zu ausgezogen und das Innere sorgfältig gereinigt.

Dann wurde die Birne so gelegt, dass die Einlaufrinne für das Eisen bequem in die Mündung der Birne gesteckt werden konnte und der Abstich vorgenommen. Da die Anlage, wie alle älteren Anlagen mit der jetzt fast allgemein abgeworfenen (sogenannten selbstthätigen, oft aber auch selbstunthätigen) Absperrvorrichtung versehen war, setzte man noch während des Abstichs das Gebläse in scharfen Gang, sodass das Manometer des Beobachterstandpunktes bei Ausblasen ins Freie 22—25 Spannung, d. h. $1\frac{1}{2}$ Atmosphäre zeigte. War alles Eisen eingelassen, so wurde unter Schluss des Windausblaseventils die Birne aufgerichtet und dabei durch das selbstthätige Zulassventil der Eintritt der Luft in das Eisenbad vermittelt.

Die erste Periode von ca. 8—10 Minuten zeigte zuerst ein starkes Auswerfen von Eisen, eine Erscheinung, welche nur dadurch erklärt werden kann, dass das Eisen etwas kühl eingeschmolzen war,

deshalb zäh wurde und erst nach und nach durch die Mangan- und Siliciumverbrennung wieder an Temperatur und Dünnflüssigkeit zunahm. Die anfänglich gelbrothe Flamme nahm dann rasch an Helligkeit zu und die Temperatur stieg zur Weissgluth.

Während des nun folgenden Kochens kamen unter aufeinander folgenden Explosionen starke Schlackenauswürfe vor, die nur bei sehr reichlicher Füllung des Converters auch Metall einschlossen.

Dieses durch den Schlackenauswurf charakterisirte Stadium dauerte 10—12 Minuten und wurde nur noch von einem kurzen, 2—5 Minuten dauernden Blasen gefolgt, welches je nach dem Ausfall der nun vorzunehmenden Schlackenprobe länger oder kürzer andauert.

Wegen des schon damals hohen Mangangehalts der Schlacke wurde nach den Aussenfarben (nicht nach dem Bruch) der Charakter des Produkts beurtheilt und nicht die von Tunner damals empfohlene Spiessprobe benutzt. Später allerdings prüfte man die in der Schlacke sitzenden Stahltropfen noch nebenbei auf Malleabilität.

Nach Erreichen der Gaare, die gewünscht wurde, geschah der Spiegelzusatz in Stücken, worauf der Converter wieder aufgekippt und durch 2—5 Minuten langes Blasen die Homogenisirung bewirkt wurde.

§ 172. Eine der interessantesten und wichtigsten Bessemerhütten Deutschlands und Europas war und ist noch die der Herrmannshütte zu Hörde, welche 1862 schon mit der Einführung begann.

Der ursprüngliche Betrieb fand in einer nahezu genau nach englischem Muster erbauten Anlage statt und das Rohmaterial wurde in Flammöfen mit Steinkohlenheizung eingeschmolzen, die im continuirlichen Betrieb nur wenig langsamer als die wenigen damals zum gleichen Zweck üblichen Cupolöfen arbeiteten.

Die Charge verlief 1868 so, dass nach Auswärmen, Leeren und Ausblasen des Converters das Eisen abgestochen und dann der Wind selbständig, ohne automatische Regulirung eingelassen wurde, worauf der Converter in aufrechte Stellung gebracht werden konnte.

Gleich zu Anfang vor dem Abstechen war eine Ladung von schwach rothglühenden Stahlschienenenden in den Converter gebracht worden, welche aufzuarbeiten waren.

Man konnte während des ca. 20 Minuten dauernden Blasens drei Vorgänge nach äusserlichen Merkmalen und deutlicher unterscheiden als z. B. bei der im vorhergehenden Paragraph beschriebenen Charge. Das anfängliche Brodeln verlief der eingesetzten, allmälig erst im Bad sich auflösenden Schienenenden halber unruhig und stossweise, woran sich eine Steigerung der Hitze schloss, welche sich durch eine hellere Flamme und starken Rauch charakterisirte.

Nachdem die Entkohlung nahezu beendet war, wurde der Converter umgekippt, dann weitere Enden eingesetzt, aufgerichtet und geblasen; wenn dieselben sich gelöst, bezw. vertheilt hatten, wurde der Converter wieder umgelegt und das Spiegeleisen zugelassen, das in zwei kleinen Flammöfen geschmolzen worden.*)

Dann erfolgte das Ausgiessen, ohne nochmaliges Aufrichten und Blasen. Als Material wurde sowohl eigenes als auch fremdes (z. B. Cumberländer Hämatiteisen und schwedisches) verwendet, wenn es sich um Specialfabrikate, z. B. Kesselbleche, handelte. Das Spiegeleisen war ebenfalls zum Theil eigenes (mehr Weissstrahl), zum Theil angekauftes.

Der neuere Betrieb wurde Ende 1868 oder Anfang 1869 in einer originell ausgedachten Anlage eröffnet, welche wie alle die älteren Hörder Bauten (bis 1869) von dem bekannten Oberingenieur R. Daelen herrührte.

Die Anlage enthielt drei Converter in der einen Hälfte einer kreisrunden Dammgrube, von welchen Gefässen hauptsächlich die beiden äusseren gebraucht wurden, da das mittlere nach und nach als unzugänglich sich erwies.

Das Roheisen, nicht mehr in Flammöfen, sondern nach vorläufigen Versuchen in Ireland-Cupolöfen umgeschmolzen (von denen vier vorhanden waren), konnte weit hitziger erzielt werden und verunreinigte sich bei richtiger Behandlung in dem Ofen nur in geringem, nachträglich durch Erfahrung ziemlich genau festgestelltem Maasse. Auch andere Werke desselben Bezirkes änderten damals die Anlagen um, die ursprünglich allesammt auf Flammofenbetrieb eingerichtet worden waren. (Nur Königin-Marienhütte arbeitete vom Anfang an mit Cupolöfen.)

§ 173. Die Ansichten über die Anwendbarkeit der Cupolöfen an Stelle der Flammöfen waren noch sehr getheilt, während die ökonomischen Vorzüge ersterer bereitwilligst anerkannt waren, überall, wo Cokes zur Verfügung standen.

Eine Arbeit des Verfassers, betreffend den Vergleich von Cupol- und Flammöfen beim Einschmelzen des Roheisens für den Bessemerprocess (Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1869, S. 305 u. ff.), behandelt auf Grund einer damaligen Bereisung des westfälischen und nieder-

*) Der Gang wurde meistens nach dem Charakter der Flamme beurtheilt, der ein sehr deutlicher war; nur zuweilen wurde noch eine Spiessprobe genommen.

rheinischen Bezirkes die Frage, ob den damals fast ausschliesslich dominirenden Flammöfen die Cupolöfen zu substituiren wären.

Zu den in dieser Arbeit S. 421 aufgestellten Erfahrungssätzen ist heute nur zu bemerken, dass die Nachtheile der Schachtöfen sich durch passende Führung des Betriebes sowie durch Verwendung reiner Cokes vermindert haben, während sich gleichzeitig die ökonomischen Vortheile der Schachtöfenverwendung noch vergrössert haben.

In beiden Arten von Oefen ist das die Schmelzräume füllende Gas aus Stickstoff, Wasser, Kohlensäure, Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoff zusammengesetzt. Bei den Schachtöfen dominirt ausser den drei ersten das Kohlenoxyd, bei den Flammöfen ein Gemisch verschiedener Kohlenwasserstoffe.

Das Verhältniss der nicht brennbaren zu den brennbaren Verbrennungsprodukten ist bei den Cupolöfen ein anderes als bei den Flammöfen.

Das Gas der Cupolöfen ist reicher an Kohlenoxyd als das Gas der Flammöfen an Kohlenwasserstoff; das Gasgemisch der zuletzt genannten Oefen wirkt daher vorwiegend oxydirend auf die Einsätze, während die Wirkungen des Cupolofen- oder Schachtofengases mehr reducirend sich äussern, sogar kohlend, wenn, wie dies die älteren Parry'schen Versuche beweisen, ein kohlearmes Eisen unter gewissen Vorsichtsmaassregeln in den betreffenden Oefen niedergeschmolzen wird.

Die Wirkung der beiden Gasströme auf das Roheisen ist hiernach verschieden, dabei für das Resultat des daran angeschlossenen Converterprocesses hinlänglich wichtig, um genau berücksichtigt zu werden. Durch die Oxydation wird den Einsätzen der Oefen stets etwas von den fremden Bestandtheilen, den Grundstoffen, entzogen, abgesehen von dem durchschnittlich bedeutenden Abbrande des Satzes überhaupt. Besonders findet dies statt, wenn das Roheisen in einer sauerstoffreichen Zone des Ofens vorgewärmt werden muss und längere Zeit in dieser Zone glühend erhalten wird.

Das geschieht meistens bei den Flammöfen, während die Cupolofengase in der oberen Zone, in welcher die Vorwärmung geschieht, naturgemäss reicher an Kohlenoxyd sein müssen als weiter unten, wo der Gebläsewind einströmt, und wo eine Reduktion der anfangs gebildeten Kohlensäure durch glühende Kohlen in erheblichem Maass noch nicht stattfindet.

Das Bessemer-Roheisen wird mithin bei der Behandlung im Cupolofen weniger leicht an den zu seiner Verwendung im Converter wichtigen Bestandtheilen einbüssen als im Flammofen, in welchem nach Maassgabe des Schmelzverlaufs eine wechselnde Veränderung in der genannten Hinsicht nicht leicht zu vermeiden ist.

Dagegen bleibt das Roheisen, im Flammofen umgeschmolzen, reiner von durch den Schmelzprocess ihm etwa zugeführten fremden Substanzen, während im Schachtofen der Contakt des Roheisens und der durch die Zuschläge und die Aschenbestandtheile der Cokes gebildeten reichlichen Schlacken nicht immer ohne Nachtheil auf die Reinheit des Eisens bleibt.

Die bedenklichste dieser Verunreinigungen ist der Schwefelgehalt der Cokesaschen, der leicht in das Roheisen überzugehen vermag.

Die genannten Gegensätze in der Wirkung beider Oefen gleichen sich zum Theil aus, indem man beim Flammofenbetrieb mit reichlicher Flamme arbeitet oder sich des Gasfeuers bedient, dessen Charakter verändert werden kann, dagegen beim Schachtofenbetrieb durch Wahl guter Cokes und geschickte Windführung, z. B. minimale Pressung und weite Zugänge, die Gasbildung günstig zu beeinflussen sucht.

Die ökonomischen Seiten der Frage gestatten glücklicherweise, sich hinsichtlich der Cokesqualität jeden Luxus zu erlauben, so dass die damals (1868) beginnende Einführung der Cupolöfen anstatt der Flammöfen im niederrheinisch-westfälischen Bezirk ziemlich rasch sich vollzog.

§ 174. Eine sehr genaue Schilderung des später in Hörde umgehenden Betriebs (Berggeist 1870, S. 627) gibt noch folgende Daten, die aus genauer Bekanntschaft mit allen Verhältnissen des Betriebes hervorgegangen zu sein scheinen.

Nachdem bei der Verwendung der cumberländischen Roheisensorten, die oft einen geringeren Siliciumgehalt aufwiesen, als der Graphitgehalt anscheinend erwarten liess, die Beobachtung gemacht worden war, dass sich die Verwerthung der Abfälle nicht immer so leicht und bequem, namentlich hinsichtlich der Abkühlung des Bades, würde ausführen lassen, als dies anfänglich der Fall gewesen, war man mit dem Erblasen eines eigenen silicium- und manganreichen Materials bei dem Hörder Eisenwerke vorgegangen und hatte dies auch nach Ueberwindung etlicher Schwierigkeiten fertig gebracht.

Das Bessemer-Roheisen der gewöhnlichen Durchschnittsqualität wurde damals hauptsächlich aus Blackband erblasen, welchem zur Erzielung eines erforderlichen Mangangehalts Zusätze von Spatheisensteinen und Brauneisensteinen des Siegerlandes zugegeben wurden. Das Produkt aus diesem Möller war feinkörnig und grau, also arm an hervortretendem Graphit; Analysen desselben gibt die angezogene Arbeit nicht.

Das seit Vollendung der neueren Hochofenanlage (Bd. II, S. 120) erblasene Bessemer-Roheisen wurde hauptsächlich unter Zuhilfenahme von spanischen Erzen, denen die reinen, wenn auch armen

Schwelner Berge zugesetzt wurden, hergestellt (cf. die im Bd. II, S. 64 u. ff. gegebene Besprechung und Berechnung eines derartigen Hochofenbetriebes).

Das Spiegeleisen wurde 1869/70 aus Siegen bezogen, da damals eigene Versuche in der Herstellung desselben nicht besonders glückten und vor Allem das benöthigte Quantum nicht gross genug war, um eine eigene Fabrikation ohne anderweitigen Bedarf an dieser Eisensorte, oder ohne die Aussicht, dasselbe nutzbringend abzusetzen, zu verlohnen.

Dadurch wurden die Chargen so heiss, dass nunmehr der Zusatz von Abfällen nothwendig erschien, um die Temperatur etwas zu zügeln.

Diese hohe Temperatur war auch Veranlassung, dass man die ursprüngliche Absicht, mit zwei Convertern zu blasen, während man den dritten ausbesserte, aufgab; man begnügte sich mit einem Converter für den laufenden Betrieb, um die übrigen sorgfältig repariren zu können, da wegen der Verwendung der Abfälle die Futter der Birnen stärker angegriffen wurden, abgesehen von der hohen Temperatur des ganzen Vorganges.

Interessant ist die Bemerkung des Berichtes, dass man nach einem längeren Betrieb dieser neuen Anlage noch keine vollkommen entscheidende Erfahrung über die relativen Vortheile der Cupolofen- oder der Flammofenschmelzerei gemacht hatte, doch aber damals geneigt schien, dem Flammofenbetrieb den Vorzug zu geben.

Der Betrieb selbst verläuft nach der citirten Mittheilung so, dass nach Auswechselung der schadhaften Düsen die Wärmecokes in den Converter gefüllt und in lebhafte Verbrennung versetzt werden, während welcher Zeit die Gichten auf dem Cupolofen aufgegeben und die Abstichrinnen vorgerichtet werden. In der Giessgrube wird gleichzeitig durch andere Arbeiter die Giesspfanne von der vorhergehenden Charge möglichst befreit, das alte Ausgussventil eventuell herausgeschlagen und durch ein neues ersetzt, die Coquillen mit den noch rothwarmen Blöcken der letzten Charge bei Seite, d. h. aus der Giessgrube auf die Hüttensohle geschafft und die Blöcke selbst nach ihrer Ausschälung in die Schmiede befördert. Die leeren Coquillen werden sorgfältig nachgesehen, Risse und Sprünge kleineren Umfangs mit Lehm verstrichen und die Innenfläche mit dünner Graphitschlichte geschwärzt.

Bei der Aufstellung setzte man sie auf lufttrockene Käse oder Kuchen aus feuerfester Masse, die in eiserne Platten eingelassen sind. Man kann sie, was später geschehen ist, durch Gruppenformen etc. ersetzen.

Nachdem zu geeigneter, durch die Erfahrung bedingte Zeit auch das Spiegeleisen in die Flammöfen gesetzt worden und ein grosser Theil der Charge in dem Cupolofen bereits niedergeschmolzen ist, wird durch Kippen des Converters die Entleerung der Cokes bewirkt und lässt man durch stärkeres Blasen die Düsen ganz rein werden.

Ist alles so weit vorbereitet, so legt man mittelst der Wendevorrichtung den Converter genau horizontal, d. h. so, dass der alsdann tiefste Punkt der Mündung und der untere Bodenrand in einer Wagrechten sich befinden, und leitet das Eisen ein mittelst der Rinnen und sonstigen dazu vorhandenen Vorrichtungen.

Nachdem der Wind allmälig steigend zugelassen, kann der Converter aufgerichtet und der Process begonnen werden; in der Betriebslage des Gefässes muss dasselbe aber die volle Pressung empfangen und erhalten, weshalb die Steigerung der Menge und der Pressung eine vorsichtig rasche, dem steigenden Bedecktwerden der Windzulässe entsprechende sein muss.

§ 175. Die Charge selbst verläuft ihren hauptsächlichen Charakteren nach in folgender Weise: Der Gang der Oxydation ist ein rascherer als bei der früheren Verwendung cumberländischen Hämatiteisens, doch zeigten sich vom Anfang an Unregelmässigkeiten in Bezug auf die Dauer der Chargen, da sich das Zeitmaass derselben zwischen 18 und 25 Minuten bewegte; erstere Ziffer ist mehr als Ausnahme anzusehen, und 20 Minuten erscheinen als Minimaldauer gerechtfertigt.

Durch die Raschheit der Vorgänge, mehr aber noch durch den stärkeren Manganrauch sind die sogenannten Perioden des Frischprocesses nicht mit gleicher Schärfe unterscheidbar gewesen wie bei der früheren ausschliesslichen Verwendung des englischen Hämatitroheisens.

Nach wenigen Minuten bereits trat der hellbraune Rauch auf, nahm bis zum Ende der Charge hin stetig zu und wurde dabei immer dunkler.

Neben diesem „maskirenden" Einfluss des Mangans wurde es schwer, die sonstigen Charaktere der Charge zu finden. So z. B. führt der Berichterstatter an, dass die weisse Flamme der zweiten oder Kochperiode sich bereits gezeigt, ehe die erste Periode, die der Schlackenbildung, abgelaufen. Dagegen charakterisire sich das Ende des Kochens durch ein Zurückgehen der Flammenerscheinung. Dass während der zweiten Periode ein Nachlassen der Windpressung möglich ist, um ca. 3—4 Pfund, ist selbstverständlich und durch das Heisserwerden sowie durch die Steigerung des Flüssigkeitsgrades verursacht. In der letzten Periode erhielt die Flamme eine schwach violette Färbung und wurde unruhig, flatternd, während der fortwährend zunehmende Rauch in spiralförmigen Bewegungen aus dem Hals der Retorte entwich.

Diese Erscheinung wurde durch viele Auswürfe complicirt, welche gegen das Ende der Charge immer heller wurden und intensives Licht ausstrahlten, dessen Helligkeitsgrad für die Leiter der Chargen ebenfalls ein Kennzeichen für das mehr oder minder nah bevorstehende Ende der Charge bildete.

Spektroscopische Versuche haben damals und auch später in Hörde Erfolge nicht gezeigt, da, wie der Berichterstatter sehr bezeichnend sagt,

„die für das Eintreten besonderer Erscheinungen im Spektrum nöthigen Um-„stände sich nicht bei dem Hörder Eisen vorfinden".

Dagegen cultivirte man bei Zeiten die Schlackenspiessprobe, die sich auch anderwärts bewährt hatte, und beurtheilte den Grad der Gaare nach der Färbung der äusseren Schlackenhaut und dem Grad des gegen das Ende eintretenden metallischen Irisirens auf der dunkelbraunen, fast schwarzen Schlackenhaut.

Auch Versuche mit den in der Schlacke eingeschlossenen Metallkörnern auf ihre Weichheit unter dem Hammer vermögen die Benutzung der Schlackenspiessprobe zu unterstützen.

Als nachträgliches Merkmal der Stahlqualität führt der Berichterstatter noch die Beschaffenheit der im Ingotmetall austretenden Blasen an.

Waren die Blasen klein und häufig, so erhielt man ein feinkörniges, sehr zähes Produkt, während bei grossen, minder vertheilten und häufigen Blasen ein grobkörniges und sprödes Produkt zu erfolgen pflegte.

Noch ist zu bemerken, dass dem eigenen Eisen stets englisches Hämatiteisen zugesetzt wurde, wenn ein zähes, halbhartes Produkt erzielt werden sollte, z. B. Achsen- und Blechmaterial.

§ 176. Andere zuverlässige Schilderungen der englischen und der continentalen Bessemerprocesse finden sich besonders in einigen amtlichen oder halbamtlichen Zeitschriften, z. B. der preussischen Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, der österreichischen Zeitschrift, den Annales des Mines, der Revue universelle u. a.

Bemerkenswerth ist besonders eine Arbeit von André, Ende 1865 in der preussischen Zeitschrift, welche die Eindrücke einer Bereisung Englands mit den eigenen, zu Königshütte gemachten Erfahrungen verbindet.

André hebt hervor, dass eine allgemein gültige Charakteristik der eintretenden Flammenerscheinungen zu geben kaum möglich ist, da dieselben bei den verschiedenen Roheisensorten so überaus verschiedene seien.

Beim Verarbeiten des Cumberländer Eisens z. B. trete ein Maximum der Lichtstärken der Flamme in der Eruptionsperiode ein, während bei dem Process, wie er in Steyermark und in Oberschlesien damals ausgeführt wurde, dieses stärkste Leuchten erst in der letzten Periode sich bemerklich mache.

Niemals zeigte sich beim englischen Eisen eine so intensiv und rein blaue Flamme wie sie zu Königshütte in der zweiten Periode damals oft beobachtet wurde, und andererseits erlangt der Gasstrom bei dem schlesischen Eisen niemals diese Durchsichtigkeit in der dritten Periode, wie bei dem englischen Eisen.

Vermehrt werden die Unterschiede durch den weissen Rauch der ersten Periode, welche Erscheinung von André als mit dem Siliciumgehalt des Roheisens zusammenhängend bezeichnet wurde, dann durch den braunen Rauch in der dritten Periode, der in Königshütte damals mit grosser Unregelmässigkeit auftrat, zuweilen schwach, zuweilen so heftig, dass er alle ähnlichen Erscheinungen in England hinter sich liess.

Dieser braune Rauch, damals wesentlich der Eisenoxydation zugeschrieben, steht neuerer Anschauung zu Folge in inniger Beziehung zu dem Mangangehalt des Eisens, welcher damals im Königshütter Roheisen wohl sehr schwanken mochte, je nachdem der fast unbekannte Mangangehalt des Erzes war.

Der Unterschied der englischen und der damals bekannten continentalen Chargen wurde André zu Folge noch verschärft durch die sehr verschiedene Praxis in dem Spiegeleisenzusatz, der bald am Ende der Entkohlungsperiode, bald während derselben ganz verschieden und in durchaus wechselnder Höhe stattfand.

Oft richtete man den Converter nach dem Spiegeleinlass wieder auf, oft aber goss man (damals schon) den Inhalt in die Giesspfanne, ohne nochmals zu blasen, weil man die Mischung für homogen genug ansah und den theueren Kohlenstoff des Spiegeleisens sparen wollte.

§ 177. Das Bessemern zu Königshütte wurde späterhin der Gegenstand einer ausführlichen Arbeit von Hasenöhrl, welche 1868 bearbeitet und im XVI. Band der amtlichen Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen veröffentlicht wurde.

Aus den einleitenden Bemerkungen geht hervor, dass der Bau der Bessemerhütte 1864, der erste Betrieb (auf welchen André Bezug nahm) 1865 begann; derselbe wurde zunächst mit fremden, hauptsächlich cumberländischen Roheisensorten begonnen, weil deren Brauchbarkeit bereits fest stand und man so in der Lage war, die Manipulationen des Betriebs selber besser einzuüben.

Nachdem die erforderliche Sicherheit in der Benutzung der Anlage erreicht war, ging man zu Versuchen mit einheimischen Roheisensorten über und fand dieselben trotz mehrfacher Schmelzversuche und Betriebsänderungen im Hochofen nicht geeignet zur currenten Fabrikation von Bessemermetall. Besonders war es der schwankende Gehalt von den Grundstoffen, namentlich aber der zu hohe Phosphorgehalt, der den weiteren Fortschritt hinderte.

Man stellte deshalb das Bessemern so lange ein, bis durch umfassende chemische Analysen von Erzen und Roheisen der für das Bessemereisen günstigste Hochofenbetrieb festgestellt war.

Danach wurde Ende 1866 das Bessemern wieder aufgenommen, und nach diesmal nur kurzem Versuchsstadium stellte sich der Erfolg und die Durchführbarkeit des Bessemerprocesses für Königshütte und damit für Oberschlesien ausser Frage, denn das Produkt kam nach maassgebendstem Urtheil den besten Sorten von Bessemerstahl anderer Werke gleich.

Im Jahr 1867 war der Betrieb bereits völlig geregelt und versuchte man im selben Jahr noch die Verwendung von flüssigem Eisen direkt vom Hochofen.

Das Roheisen wurde vorzugsweise aus den manganreichen, phosphorarmen, dabei leider sehr sandigen Erzen der Chorzower Erzfelder gewonnen, doch fand man bald im Verlauf der ausführlichen Untersuchungen der oberschlesischen Eisenerze, dass auch noch verschiedene andere Brauneisensteine der oberschlesischen Lagerstätte sich zur Darstellung von Bessemereisen eignen. Als Zuschlag verwandte man anstatt des besonders phosphorsäurereichen Kalkes von Lagiewnik diverse Dolomite derselben Formation.

Man erblies das Roheisen bei nur mässig warmem Wind (80—100°) und producirte wöchentlich 2000—2100 Centner, also täglich 15 Tonnen pptr., ein Quantum, das sich seitdem erheblich gesteigert hat.

Rücksichtlich des Verhaltens stellt Hasenöhrl nachstehende Erfahrungssätze auf, die noch heute Interesse verdienen.

Am besten eignete sich zur Verwendung ein graues, nicht zu dunkles Eisen von scharfzackigem Bruch, grobkörnigem Gefüge und grosser Festigkeit. Ein Roheisen von geringerer Gaare, d. h. ein feinkörnigeres Eisen schmolz angeblich schon im Flammofen schlechter ein und gab grösseren Abgang. Diese letztere Bemerkung ist insofern nicht vollkommen verständlich, als ein Rohgang bei einem auf die Produktion eines siliciumreichen Roheisens aus leicht reducirbaren, aber strengflüssigen Erzen eingerichteten Hochofenbetrieb doch nur ein feinkörnigeres, dann halbirtes Eisen von relativ grösserer Schmelzbarkeit zur Folge haben kann — es müsste denn ein grelles Roheisen fallen, welches nachher etwas grau wird, was immerhin zu bezweifeln wäre.

Das von Hasenöhrl bemängelte Roheisen kocht (seiner Zähflüssigkeit wegen) in der Birne stark auf, und die zweite Periode, d. h. das Rohfrischen, zieht sich dabei, von fortwährenden Auswürfen und starkem Abgang begleitet, sehr in die Länge, wobei natürlich auch das feuerfeste Material stark angegriffen wird.

Eisen, welches bei sehr heissem Wind erblasen wurde, gab ein schlechtes Ausbringen, da sich die Auswürfe in der zweiten Periode ungebührlich mehrten. Woran dies liegt, lässt Hasenöhrl unerklärt, denn das „Zuhitziggehen", was angeführt wird, lässt an sich auf verminderten Auswurf schliessen, der bei dünnflüssigeren Chargen wohl weniger eintreten dürfte als bei dickflüssigeren.

In Folge dieser stärkeren Auswürfe bedingen nach Hasenöhrl alle die heisser erblasenen Eisensorten in der zweiten Periode ein Arbeiten mit geringerer Pressung und sollten deshalb (?!) wohl mehr auf mechanischem als auf chemischem Wege die Ofenwände, besonders aber den Boden sehr angreifen.

§ 178. Der Verlauf der Charge war nach Hasenöhrl der folgende:

Das Roheisen wurde 4 Stunden vor dem Beginn der Charge in mittelgrossen Stücken eingesetzt und dieser Einsatz, 3¾ bis 4 Tonnen, schnell niedergeschmolzen und sofort nach vollkommenem Flüssigwerden abgestochen. Es wird hervorgehoben, dass andere Bessemerwerke hierbei ein abweichendes Verfahren insofern beobachteten, als vor dem Abstechen, auch wenn das Niederschmelzen vollendet sei, ein nochmaliges scharfes Nachschüren stattfinde. Einen Grund für diese Abweichung gibt der Berichterstatter nirgends an und muss man annehmen, dass die Flammöfen der älteren Königshütter Anlage das Roheisen so stark entsilicirt hätten, dass jedes längere Verweilen in denselben, als strikte nöthig, der Qualität des Eisens schädlich werden musste.

Bei der Spiegeleisenschmelzung, die ebenfalls möglichst schnell zu geschehen pflegte (¾ bis 1 Stunde), wird die Bemerkung gemacht, dass ein längeres Stehen im Flammofen den Einsatz leicht matt werden liesse.

Da, wie ausdrücklich angegeben, die Steinkohlen der Flammöfen halb aus Stücken, halb aus kleinen bestehen, so ist die flaue Wirkung wohl zu erklären, die auch mit aus dem grossen erforderlichen Luftüberschuss entspringt. Damit hängt auch die hohe Brennstoffverbrauchsziffer zusammen, welche 85 bis 90 Procent des Einsatzes für die grossen, 175 bis 180 Procent für die kleinen Oefen beträgt. Im letzten Fall ist zu bedenken, dass der betreffende Ofen den grössten Theil der Zeit leer stehen musste.

Man kann nach diesen Details des Einschmelzens annehmen, dass das Eisen nicht übermässig heiss in die Converter gelangte, und dass in Folge dessen die Reaktion erst nach einiger Zeit des Blasens deutlich bemerkbar werden konnte.

Dies hebt auch Hasenöhrl hervor, indem er betont, dass der Chargenverlauf durch die Verzögerung der ersten Periode sich auszeichne; es muss aber das Hochofeneisen stellenweise noch weniger hitzig gewesen sein, da sich bei direkter Verwendung diese verzögerte Erscheinung am augenfälligsten gezeigt hatte.

In den ersten Minuten entwich eine ganz kurze röthliche Flamme mit wenigen, schwach leuchtenden, zischenden Funken aus der Mündung des Frischapparates. Die Windeinlässe verlegten sich (mit den Eisenoxydaten) und der dadurch gehemmte Wind stieg in seiner Pressung so weit, dass das Sicherheitsventil zuweilen auszublasen begann.

„Nur bei hitzigem Eisen und wenn man durch Umstände gezwungen war, das „Eisen eingeschmolzen stehen zu lassen, erschien gleich beim Beginn der Charge eine „hellere Flamme und das Verlegen der Düsen war geringer.“

Diese Bemerkung contrastirt lebhaft mit der gelegentlich des Flammofenschmelzens gemachten, wo das Stehenlassen gewissermaassen als das Eisen matter werden lassend charakterisirt wird. Auf das Verhalten der Nebenstoffe wird in der Hasenöhrl'schen Arbeit kein besonderes Gewicht gelegt, sonst müsste der Widerspruch sich aufklären lassen.

Auch eine gewisse Ungleichmässigkeit des Eisens, besonders im Silicium- und Mangangehalt, mag an dem eigenthümlichen, aus den vorstehenden Bemerkungen hervorspringenden Widerspruch Schuld tragen. Auch ein mehrfach sich wiederholendes Verlegen der Düsen fand statt, besonders bei direkt dem Hochofen entnommenen Eisen.

Nachdem die Pressung bereits von selber gefallen und die Flamme heller und leuchtender geworden war, begann die Pressung wieder zu steigen; die Flamme verkleinerte sich abermals und ein heftiges trockenes Schlagen der Eisenmasse wurde wieder hörbar.

§ 179. Erst gegen das Ende der Periode wurde die Flamme heller, es kamen einzelne kleine Auswürfe vor und gleichzeitig begann in den meisten Fällen (!) die Entwickelung eines braunen Rauches, der besonders bei siliciumreicherem Roheisen sich so stark entwickelte, dass er die Flamme fast vollständig verhüllte. Manchesmal hielt er bis zum Ende der mittleren Periode an, manchesmal blieb er dagegen bis zum Schlusse und erschwerte natürlich das Erkennen des Chargenendes.

Mit dem Eintreten in die eigentliche Oxydationsperiode wurde die Pressung ermässigt auf weniger als zwei Drittel der Anfangspressung, nach Schluss der Periode aber wieder voller Wind gegeben, da sich damals bei Einhalten des niederen Druckes eine stärkere Schalenbildung in der Pfanne zeigte, als wenn wieder stärker geblasen wurde.

In der zweiten Periode, die man damals unterschied, verhielt sich direkt angewandtes Roheisen nahezu genau so wie das im Flammofen umgeschmolzene, anders aber in der dritten, der Gaarfrischperiode Wedding's.

Sie verzögerte sich ihrer Gesammtdauer nach mehr bei ersterem als bei letzterem; auch gewann man die Erfahrung, dass das Abstellen des Windes und das Beendigen der Charge nach Eintreten der bestimmenden Flammenreaktionen bei dem direkt vom Hochofen genommenen, also nicht umgeschmolzenen Eisen viel später vorzunehmen ist als bei dem umgeschmolzenen Eisen.

Die Dauer der einzelnen Perioden wird von Hasenöhrl wie folgt angegeben:

	Erste	Zweite	Dritte	Zusammen
bei umgeschmolzenem Eisen	13—15 Min.	9—10 Min.	3 Min.	25—28 Min.
bei direkt verwandtem Eisen	20—25 „	10—11 „	4—5 „	34—41 „

Noch ist anzuführen, dass bei diesem älteren Königshütter Betrieb die Flamme von der Verarbeitung des Roheisens direkt vom Hochofen viel weniger hell und nach Hasenöhrl's Ausdruck schmutziger gefärbt schien als beim Bessemern mit umgeschmolzenem Roheisen; in Folge dessen charakterisirt sich auch das Ende des Processes bei dem letzteren weit schärfer als beim ersteren.

Von Interesse ist noch, dass die Flamme bei der Verarbeitung von Cokes-Roheisen nie die Helligkeit, Reinheit und Durchsichtigkeit hatte wie bei der Verarbeitung von Holzkohlen-Roheisen, und dass das Zusammensinken der Flamme zum Schluss viel langsamer stattfand, auch die Gesammtdauer des Processes eine weit kürzere war. Es sind damals in Königshütte auch Chargen mit Holzkohleneisen schwedischer und ungarischer Herkunft gemacht worden, welche bei Darstellung eines ganz weichen Produkts 15—18 Minuten dauerten.

Die Erklärung dieser Verschiedenheiten, welche man in der Hasenöhrl'schen Arbeit vermissen muss, wird wohl darin liegen, dass die Summe und Specialität der Nebenbestandtheile bei den verschiedenen Roheisensorten und der verschiedenen Behandlung der Einsätze eine durchaus verschiedene war, und dass hierdurch auch die Länge des Oxydationsprocesses und die verschiedenen Erscheinungen desselben variiren mussten.

Dazu tritt noch der Einfluss der Temperatur, welche wahrscheinlich im direkt verwendeten Hochofeneisen höher war als in dem Flammofen-Schmelzprodukt, und der jedenfalls auch verschiedene Einfluss des Flüssigkeitsgrades von Holzkohlen- und Cokes-Roheisen.

Es ist aber zu wenig Anhalt in den Hasenöhrl'schen Angaben, um die Erklärung hinlänglich zu begründen.

In Betreff des späteren Verhaltens des älteren Königshütter Converterprodukts macht Hasenöhrl noch folgende Angaben:

Vor dem Einfliessen des Spiegeleisens umspielte ein lichtbrauner Saum die Birnenmündung, nach dem Einfliessen aber zeigte sich gewöhnlich eine lange milchweisse, hell leuchtende Flamme, die sich allmälig verkleinerte, bis endlich nur ein bläulich-heller Saum an der Ofenmündung übrig blieb.

Zeigte sich die Flamme nicht, so genügte Aufrichten und Blasen, um sie hervorzurufen. Verlängerte sich die Flamme alsdann und nahm sie eine milchweisse Färbung an, so wurde gekippt und das Gebläse eingestellt. Mit dem Ausgiessen wurde aber noch so lange gewartet, bis das Metall sich beruhigt hatte, wofür das Zurückziehen der Reaktionsflamme ein sicheres Kennzeichen darbot.

Bei mittleren weichen Produkten (für Eisenbahnschienen und Bleche) wallte das Metall in der Pfanne stark auf und beim Giessen aus der Birne umspülte dasselbe eine helle bläuliche Flamme, wobei die Schlacke sich als dunkler Streifen auf dem hellen Metallbade abzeichnete.

Die Schlacke bei den genannten Produkten, sehr dünnflüssig, erstarrte langsam, blähte sich in der Pfanne stark auf und liess blaue Flämmchen entweichen (die aber aus dem Metallbad herrührten).

Das Metall, sehr hitzig, erstarrte indessen ziemlich schnell, weshalb es eilig gegossen werden musste; es wallte und stieg in den Coquillen und sprühte Funken. Diese Erscheinungen traten um so stärker auf, je weicher das erblasene Produkt war.

§ 180. Tschernoff beschreibt in einem seiner Aufsätze (Mittheilung an die Kaiserlich russische Technische Gesellschaft, 21. 2. 1876. Revue universelle, II. Serie I, S. 418) den Chargenverlauf auf den Obouchoff'schen Stahlwerken und unterscheidet dabei wesentlich vier Perioden, welche im Ganzen 30 Minuten in Anspruch nehmen.

Sobald das Gebläse angelassen ist, tritt aus dem Maul des Converters eine conische, röthlichgelbe Flamme, welche von einem ziemlich reichlichen Funkenregen begleitet wird. Gleichzeitig bemerkt man ein aus dem Innern des Converters heraustönendes Geräusch, als wenn Luft in ein Gefäss geblasen würde.

Nach drei, vier oder fünf Minuten (je nach der Länge der Operation) scheint das Geräusch lediglich aus dem oberen Theil des Converters, dem Halse, zu kommen, woselbst es sich bis zum Ende lokalisirt; dabei verändert sich die Flamme ins Blaue, wird mehr und mehr conisch und leuchtender. Dabei nehmen die Funken ab und werden feiner, auch macht sich eine grössere Dünnflüssigkeit des Metalls durch einen leichteren und rascheren Gang des Gebläses bemerklich.

Die eben citirten Erscheinungen zeigen den bevorstehenden Eintritt der zweiten Periode an und ist die Veränderung eine so plötzliche und deutliche, dass selbst Personen, welche das Bessemern daselbst zum ersten Mal sahen, den Uebergang genau bemerkten. Diese zweite Periode dauert allerdings nur 2—4 Minuten und geht nach Tschernoff's Beschreibung so wenig deutlich in die dritte über, dass beide wohl hätten vereint bleiben können.

Während der dritten Periode nimmt das Geräusch zu, die Länge der Flamme dagegen vermindert sich unter starker Steigerung ihrer Helligkeit, die schliesslich anfängt, den Augen empfindlich zu werden.

Mit diesen Veränderungen in der Flamme stellen sich Auswürfe von flüssiger Schlacke ein, welche so bedeutend und mit solcher Heftigkeit auftreten, dass der Funken- und Tropfenregen über einen Radius von vielen Metern sich verbreitet.

Zwei oder drei Minuten später hören die Auswürfe auf und die Reaktion verläuft weiter, ohne dass eine scheinbare Veränderung in der Flammenerscheinung oder dem Geräusch eingetreten wäre. Diese ganze dritte Periode Tschernoff's dauert eben so lange als die erste und geht in die vierte über, sobald sich ein Zusammenziehen und Schwinden der Flamme sowie eine Abnahme des Geräusches bemerklich macht.

Diese Periode dauert nur etliche Secunden und nimmt, wird weiter Wind gegeben, die Erscheinungen der ersten Periode wieder an. Die flatternde Flamme verschwindet fast vollständig, das Geräusch vermindert sich und nur ein Lichtconus, wie anfänglich, ist zu sehen. Doch ist an die Stelle der denselben im ersten Stadium begleitenden Metalltropfen und -funken ein dicker röthlicher Rauch getreten.

Damit endet das Blasen und es wird das Spiegeleisen in der erforderlichen Menge durch den Hals der umgelegten Retorte eingeführt, um dann mit der übrigen Charge ausgegossen zu werden.

Tschernoff hat auch Analysen aus den verschiedenen Perioden des Processes gegeben, bemerkt aber dabei, dass es als unmöglich vorausgesetzt werden müsse, in einer kleinen Probe eine Durchschnitts-

qualität der ganzen Charge (im Augenblick der Probenahme) zu finden, und dass ebenso die Entnahme von Gasen aus dem Converterhals schwerlich ein zu exakten Schlüssen berechtigendes Resultat geben würden.*)

§ 181. Nachdem der Verlauf und die einzelnen Phasen des saueren Converterprocesses geschildert worden sind, muss hervorgehoben werden, dass, wenn auch die einzelnen Perioden selbst von einem nichteingeweihten Zuschauer leicht unterschieden werden, es doch seine erheblichen Schwierigkeiten hat, den Zeitpunkt genau zu bestimmen, an welchem die Operation unterbrochen werden muss. Gerade dieser Umstand gab den ersten Campagnen der Bessemerhütten eine gewisse Unsicherheit in der Erzielung stets brauchbarer Produkte und hat auch die rapide Verbreitung der Converterprocesse durch Jahre hindurch verhindert. Man erhielt bald zu harte und zu kohlereiche, bald zu weit entkohlte und deshalb verbrannte Produkte.

In England schlug deshalb Professor Roscoe zu Manchester die Benutzung des Spektroscops vor als ein eventuelles Mittel, den Verlauf der Reaktion zu controliren und namentlich das successive Verschwinden der Grundstoffe genau zu verfolgen. An den Untersuchungen betheiligten sich eine grosse Anzahl Gelehrte und Fachmänner, und wenn auch das Gehoffte nicht eintrat, nämlich die Möglichkeit, mittelst dieses einfachen Apparates den Zeitpunkt für das Abbrechen der Operation so genau zu bestimmen, dass man je nach der beabsichtigten Qualität, Kohlungsgrad etc. manipulirte, so gestattet die Benutzung des Spektroscops doch, die Fehlergrenzen bei Betriebsänderungen oder Versuchen bedeutend einzuengen und bietet ausserdem ein wissenschaftliches Interesse.

Das Bessemer-Spektrum ist im Anfang der Operation wenig deutlich, wenn die Temperatur eine verhältnissmässig niedrige ist, wie es bei den anfänglichen Chargen durchweg der Fall war. Die blaue Zone und noch mehr die violette sind nicht vorhanden und es verändert sich während der ganzen ersten Periode das Spektrum ausserordentlich wenig. Erst beim Beginn der zweiten Periode, wenn die Leuchtkraft der Flamme zugenommen hat, bemerkt man das Anwachsen der Lichtintensität, auch des Spektrums und seine zunehmende Ausdehnung nach rechts hin.

Der Eintritt der zweiten Periode charakterisirt sich besonders durch das Eintreten der doppelten, glänzend gelben Natriumlinie, welche zuerst nur aufblitzt, nach 2—3 Secunden aber unbeweglich wird. Während der zweiten Periode und in Verbindung mit dem Hellerwerden der Flamme steigert sich auch die Helligkeit und das Wachsen des Spektrums nach rechts hin, ebenso wie das stärkere Leuchten der Natriumlinie.

Die dritte Periode zeigt sich sehr genau an durch das gleichzeitige Auftreten einer rothen Linie auf der äussersten Linken des Lichtstreifens und einer gelben Linie rechts von der doppelten Linie des Natriums.

Später tritt eine rechtshin bestimmter abgegrenzte Linie im grünen Theil des Spektrums plötzlich auf, endlich eine zweite, ebenfalls rechtshin schärfer abgegrenzte Linie, die aber einer anderen, mehr rechts gelegenen Gruppe angehört.

Während die übrigen Linienbündel sich vervollständigen, zeigen sich im rothen, orangefarbenen und äussersten grünen Theil des Bandes weitere Liniengruppen. Der Zeitraum zwischen dem Beginn der dritten Periode und dem eben geschilderten Eintritt weiterer Liniengruppen beträgt 5, höchstens 10 Secunden; in den nächstfolgenden 2—3 Minuten aber finden sich alle weiteren Details des Spektrums ein, so z. B. sehr deutliche grüne Linien, dann eine Gruppe aus dem Bereich des Rothorange, eine doppelte, sehr helle Linie in Grün, eine schwache grüne Linie an der Grenze der grünen Region, endlich bei heissem Gang zwei Gruppen in der gelben und in der rothen Zone.

Neben diesen ausgezeichneten Lichterscheinungen machen sich noch dunkle Streifen sowie ganz breite Theile absorbirten Lichtes bemerklich, die sich schwer mit den Absorptionsstreifen eines continuirlichen Spektrums unmittelbar vergleichen lassen.

Die Ausdehnung des Spektrums der dritten Periode gegen die rechte Seite hin ist bereits bedeutend genug, um die violette Region des Spektrums deutlich zu erkennen, wogegen allerdings diese Ausdehnung nach links hin weniger Platz greift, wo die erste rothe Linie das Spektrum abgrenzt.

Der Anfang der vierten Periode ist durch das mehr oder minder rasche Verdunkeltwerden des Spektrums je nach dem Gang der Operation ausgezeichnet, welche Verdunkelung im umgekehrten Sinn der Erscheinung der isolirten Streifen sowie der Streifengruppen voranschreitet. Dennoch bleiben gegen das Ende der vierten Periode immer noch zwei Linien übrig, die doppelte Natriumlinie und die rothe Linie auf der äussersten Linken.

Wie weiter oben (S. 266) gesagt wurde, ist die von Tschernoff unterschiedene vierte Periode sehr kurz, sie dauert 4, 5, höchstens 7 Secunden und muss man in Folge dessen mit grosser anhaltender Aufmerksamkeit alle Aenderungen verfolgen, die im Spektrum auftreten können, um den rechten Augenblick für das Abbrechen der Operation zu erfassen.

*) Die verschiedenen älteren und neueren Untersuchungen haben indess doch sehr viel dazu beigetragen, die Anschauungen und die Theorie des Bessemerprocesses aufzuklären.

Es ist sicher, dass bei dieser Sache es unerlässlich ist, eine gewisse Beobachtungspraxis zu besitzen, dennoch erleichtert der Gebrauch des Spektroscops das richtige Anhalten ganz ausserordentlich.

In manchen Fällen darf man sich aber bei dem Verfolgen der Aenderungen des Spektrums nicht täuschen lassen, da ein vorübergehendes Verwischen der Linien des Spektrums durch die Lichtintensität der ganzen Erscheinung vorkommen kann, welches namentlich bei den langsam gehenden steyrischen ersten Chargen vorgekommen ist. Bricht man dann ab, so entsteht der unter Benutzung der Tunner'schen Skala als falscher Siebener charakterisirte Stahl. Bläst man weiter, so tritt das Spektrum wieder mit voller Klarheit auf und man kann die Operation bis zu dem richtigen Ende führen.

Der Gebrauch des Spektroscops ist fast vollkommen unmöglich oder nutzlos, wenn das verwendete Roheisen eine beträchtliche Manganmenge enthält und der starke Rauch die genaue Beobachtung hindert.

Man muss sich dann mit den Schlacken und Stahlkornproben helfen; in der ersten Zeit der Einrichtung eines Betriebes, selbst später noch, sind sogar kleine Probe-Ingots, welche abgekühlt, geschmiedet, gebogen, gebrochen, gehärtet etc. werden, von grösster Wichtigkeit, um den dem Roheisen convenirenden Gang zu ermitteln und seine Eigenthümlichkeiten genau festzustellen.

§ 182. Bezüglich weiterer Details über die Einzeluntersuchungen der Bessemer-Spektren muss auf die von Wedding in seinem „Schmiedbaren Eisen" gegebenen Darstellungen und Farbendrucktafeln hingewiesen werden, da dieses ganze für die heutige Praxis ziemlich werthlose Kapitel dort mit einer grossen Vorliebe behandelt ist.

Hier mag nur noch angeführt werden, dass die Ansichten der Gelehrten und Fachgenossen über den eigentlichen Ursprung der Linien des Bessemer-Spektrums weit auseinander gehen; Tschernoff bespricht auch diese Sache mit vorzüglicher Klarheit und Schärfe.

Während Einzelne die eigenthümlichen Spektralerscheinungen der Gegenwart sehr heisser Kohlenwasserstoffe zuschreiben, machen Andere wieder das Mangan für die Erscheinungen des Bessemer-Spektrums verantwortlich, da das Spektrum des genannten Metalls mit dem des Processes nahezu identisch sei.

Sehr bald wurde auch der Einfluss der Temperatur beachtet; sowohl Dr. Watt, der einen grossen Theil der Roscoe'schen Untersuchungen ausgeführt und später wiederholt hat, als auch Snelus u. A. haben den Einfluss der Temperatur wahrgenommen.

Die Flammen verschiedener metallurgischer Apparate, z. B. der Cupolöfen, der Flammöfen u. a., gaben das Bessemer-Spektrum in verschiedener Präcision und Deutlichkeit. Auch Tschernoff beobachtete auf dem Obouchoffstahlwerke das Bessemer-Spektrum in sehr deutlicher und dabei sehr entwickelter Weise in der Cokesflamme beim Anheizen und Glasiren eines neuen Converterfutters aus Ganister.

Dieses Spektrum wurde aber erst dann klar und vollständig von dem Augenblick an, wo die Garnitur selbst leuchtend wurde, d. h. etwa eine Viertelstunde nach der jedesmaligen Aufgabe einer neuen Charge Cokes, obwohl vor dieser Aufgabe die Cokesquantität ausreichend war, bei 6—8 Zoll (englisch) Pressung eine Flamme von $^1/_2$—2 Meter Länge zu geben.

Ein anderes ähnliches Phänomen hat Tschernoff während des Giessens beobachtet; die Flamme, welche über der Mündung der Ingotformen schwebt, gibt das gleiche Spektrum wie die dritte Periode des Processes selber.

Besonders hell und deutlich tritt die Wahrnehmung auf, wenn man das Objektiv des Spektroscops gegen die starke Lichtwirkung des Stahls selbst abblenden kann.

Hiernach urtheilt Tschernoff, dass die Natur und die Eigenartigkeit des Bessemer-Spektrums zum Mindesten ebenso sehr von der Temperatur der Flamme abhängt als von der Gegenwart einzelner Substanzen, z. B. des Mangans und des Kohlenstoffs.

Trotzdem gibt das Verschwinden der Linien und Streifen genau den Zeitpunkt völliger Entkohlung an, und das Spektroscop gibt hiernach wohl ein Mittel, diesen Zeitpunkt zu erfassen, aber — nicht mehr. Denn auch die von Tschernoff erwähnte Möglichkeit, aus dem anfänglichen Verhalten des Spektrums die voraussichtliche Dauer der ganzen Operation zu berechnen, hat kaum einen praktischen Nutzen. Roscoe hat dies zwar bei den kalten Chargen englischer Werke mit einiger Sicherheit ermittelt, und auch Tschernoff konnte aus mehr wie 500 Spektralbeobachtungen bei Obouchoff ein Verhältniss zwischen der Dauer einzelner Perioden und der Gesammtdauer des ganzen Verlaufs ableiten; es hat dasselbe aber keine technische Bedeutung.

Die Gesammtdauer ist demnach gleich der doppelten Dauer der ersten Periode plus der Dauer der zweiten, d. h. es würde die erste Periode ebensolange dauern wie die dritte und vierte der von Tschernoff unterschiedenen Phasen.

In der citirten Arbeit führt er eine Reihe Chargen nebst analytischen Ausweisen als Beweis seiner Behauptung an.

Es ergaben:

Charge 440	4 Min. I. Periode	1½ Min. II. Periode	10 Min. beobachtete Gesammtdauer	$0,3/_{00}$ *C*	Sp. *Si*
„ 441	4¼ „ „	2 „ „	10¾ „ „ „	0,31 „	0,01 „
„ 442	4½ „ „	1½ „ „	10¼ „ „ „	0,28 „	Sp. „
„ 443	5¾ „ „	3¼ „ „	14 „ „ „	0,35 „	0,02 „
„ 444	5½ „ „	2¼ „ „	13½ „ „ „	0,35 „	0,01 „
„ 445	5 „ „	2½ „ „	12¾ „ „ „	0,28 „	0,02 „
„ 446	4¾ „ „	2½ „ „	12½ „ „ „	0,28 „	Sp. „
„ 447	5 „ „	1¼ „ „	10½ „ „ „	0,31 „	„ „
„ 448	5 „ „	2½ „ „	12½ „ „ „	0,26 „	„ „
„ 449	4 „ „	1½ „ „	10¼ „ „ „	0,31 „	„ „
„ 450	4 „ „	2 „ „	10¾ „ „ „	0,29 „	0,02 „
„ 451	5¼ „ „	1¼ „ „	11¼ „ „ „	0,26 „	Sp. „
„ 452	4¼ „ „	1¾ „ „	10½ „ „ „	0,31 „	„ „
„ 453	4¼ „ „	2½ „ „	11¼ „ „ „	0,29 „	„ „
„ 454	4½ „ „	2 „ „	12 „ „ „	0,26 „	„ „
„ 455	4 „ „	2¼ „ „	11 „ „ „	0,27 „	„ „

Aus Allem geht nur Eins mit Sicherheit hervor:

Das Spektrum verschwindet mit der vollständigen Entkohlung und durch die in Folge dessen eintretende Abkühlung der Flamme.

Analytische Untersuchungen des Bessemerprocesses.

§ 183. Zu den vorstehenden, mehr beschreibenden als wirklich scharf untersuchenden Darstellungen älterer Bessemerprocesse gesellt sich bereits 1866 die erste analytische Bearbeitung einer Bessemercharge durch Professor Kupelwieser in Leoben (Oesterr. Zeitschrift 1867, S. 179).

Es beziehen sich diese Untersuchungen auf eine Charge der Bessemerhütte zu Neuberg in Steyermark und ergaben nachstehende Resultate:

	I	II	III	IV	V
Graphit . .	3,180	—	—	—	—
C	0,750	2,645	0,949	0,087	0,234
Si	1,960	0,443	0,112	0,028	0,033
P	0,040	0,040	0,045	0,045	0,044
S	0,018	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.
Mn	3,460	1,645	0,429	0,113	0,139
Cu	0,085	0,091	0,095	0,120	0,105

Es bezeichnet I das Materialeisen,
II eine Probe nach 28 Minuten, am Schluss der ersten Periode,
III „ „ „ 35 „ „ „ „ zweiten „
IV „ „ „ 38 „ „ „ „ dritten „
V eine Probe nach dem Zusatz von 150 Kilo Eisen zu 3100 Kilo ursprünglichem Satze und Beendigung der Gasentwickelung.

Die ziemlich genauen oder doch hinlänglich scharfen Zeitangaben bezüglich der Probeentnahmen gestatten ein Diagramm (S. 269) von einigermaassen vollständiger Genauigkeit danach zu construiren, doch lässt die obige Zusammenstellung bereits hinlänglich erkennen, dass gleich zu Anfang neben dem Silicium auch Kohlenstoff verbrennt, wobei der Annahme von Kupelwieser gedacht werden muss, dass Kohlenstoff auch als Graphit ausgestossen werde und im Gasstrom suspendirt sich zeige.

Dass dies unter Umständen bis zuletzt geschieht, hat der Verfasser Dieses zu Seraing u. a. a. O. wiederholt bestätigt gefunden, und ist die Kritik Wedding's (Schmiedbares Eisen, S. 382) hiernach wohl zu modificiren.

In der ersten Periode wird auch ca. $80/_{00}$ des Siliciums verbrannt, ebenso der grösste Theil des Mangans, dessen Verschlackung auch noch die Beseitigung des Schwefels nach sich zieht.

Der Phosphorgehalt ist gleich geblieben, was auf eine vorübergehende Verminderung der absoluten Phosphormenge schliessen lässt, die nachher wieder dem Metallbade restituirt wird und im procentalen Verhältniss zu einer Steigerung Veranlassung gibt.

Der Kupfergehalt ist gestiegen, d. h. im procentalen Verhältniss, und kann zur Berechnung des Abbrandes gebraucht werden, welcher hiernach auf nahezu $30/_{00}$ gestiegen sein müsste, während die Ermittelung der Endprodukte nur $20/_{00}$ Abbrand ergibt. Freilich kann durch den Roheisenzusatz eine dessen Nebenbestandtheilen entsprechende Menge Metalloxyd aus der Schlacke noch zurückreducirt

worden sein und müsste dieses Metall, wenn berechenbar, von dem summarischen Gewicht des Endprodukts gleichfalls abgezogen werden, um das Abbrandmaximum am Ende des eigentlichen Frischprocesses zu erhalten.

Die Abbrandcurve der Charge verläuft nach den Ausrechnungen ungefähr wie im nachstehenden Diagramm auf der rechten Seite angedeutet ist.

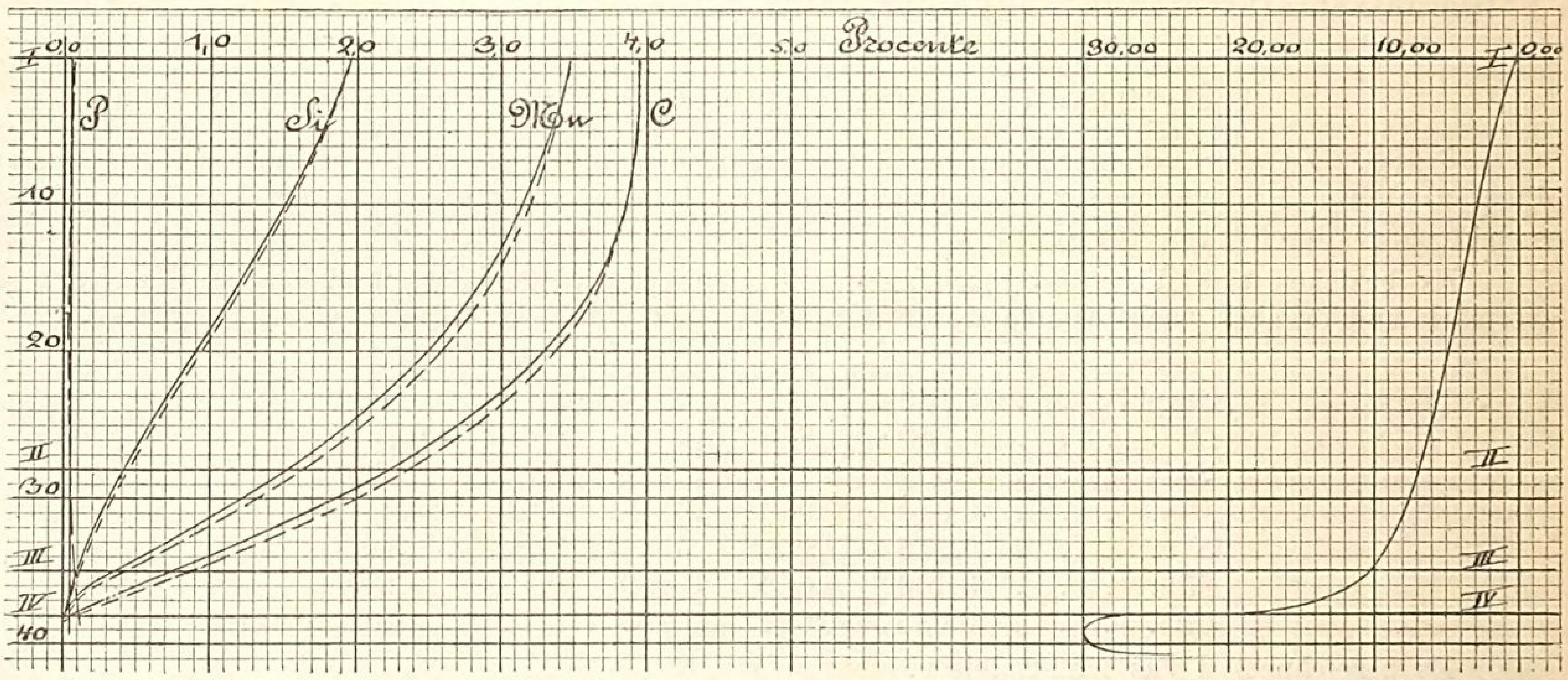
Der Abbrand beträgt unter Annahme der Richtigkeit der Kupferbestimmungen

bei Probe II rund $7/_{00}$,
„ „ III „ $10/_{00}$,
„ „ IV „ $30/_{00}$.

Bei Probe V, welche nach dem Roheisenzusatz genommen, ist die Abbrandziffer wieder auf $19/_{00}$ zurückgegangen; von der Quelle selbst wird der Calo zu rund $17/_{00}$ angegeben. Es erscheint daher wohl angemessen, die Curve des Abbrandes so verlaufen zu lassen, wie in dem Diagramm angedeutet ist.

Die hiernach bewirkten Correktionen der Verbrennungscurven sind, wie man leicht sehen kann, unerheblich, doch ist es von Interesse, sie nebeneinander zu stellen.

Die gestrichelten Curven sind die nach den Analysen direkt aufgetragenen, während die ausgezogenen Linien die corrigirten Linien, also die absoluten Quantitätsverminderungen, bedeuten.



§ 184. Die nächsten analytischen Aufklärungen über den Bessemerprocess hat **Snelus** geliefert, welcher damals Gelegenheit hatte, den zu Dowlais (Südwales) umgehenden Bessemerprocess zu studiren.

Es liegt eine Arbeit von ihm vor, welche den Zustand behandelt, in welchem Kohlenstoff und Silicium im Eisen und Stahl enthalten sind, und dabei ganz beiläufig eine Reihe von Bestimmungen gibt, die sich auf den Bessemerprocess und das dabei auftretende Verhalten der betreffenden Elemente beziehen. Dieselben sind wohl werth, weiter aufbewahrt zu werden.

Diese Charge hat **Snelus** bereits vor 1870 untersucht, ohne die Localität anzugeben (Vortrag vor dem Iron and Steel Institute und danach Engineering 1870, S. 194; Dingler 200, S. 25), und damals gleich constatirt, dass beim Bessemerprocess Silicium und Kohle nicht, wie allgemein angenommen wurde und wie auch nach Analogie der anderen Frischprocesse vollkommen wahrscheinlich erschien, nacheinander oxydirt werden, sondern nebeneinander, wenn auch das Silicium „seiner leichteren Angreifbarkeit halber“ schneller verschwinde als der Kohlenstoff.

Enthalte jedoch das Roheisen viel Silicium und wenig Kohlenstoff, so könne letzterer vollkommen wegbrennen und das Verschwinden des Flammenkörpers veranlassen, so dass die Arbeiter leicht auf die Vermuthung kämen, der Process sei beendet, während noch hinlänglich Silicium im Metall vorhanden wäre, um später einen starken Faulbruch hervorzubringen.

Snelus gibt zur Bestätigung seiner Vermuthungen eine Reihe von Analysen von unterblasenem, stark siliciumhaltigem Stahl, von mürbem Stahl, gutem Stahl und von einem Schaleneisen aus dem Umschmelzofen.

Es enthielten:

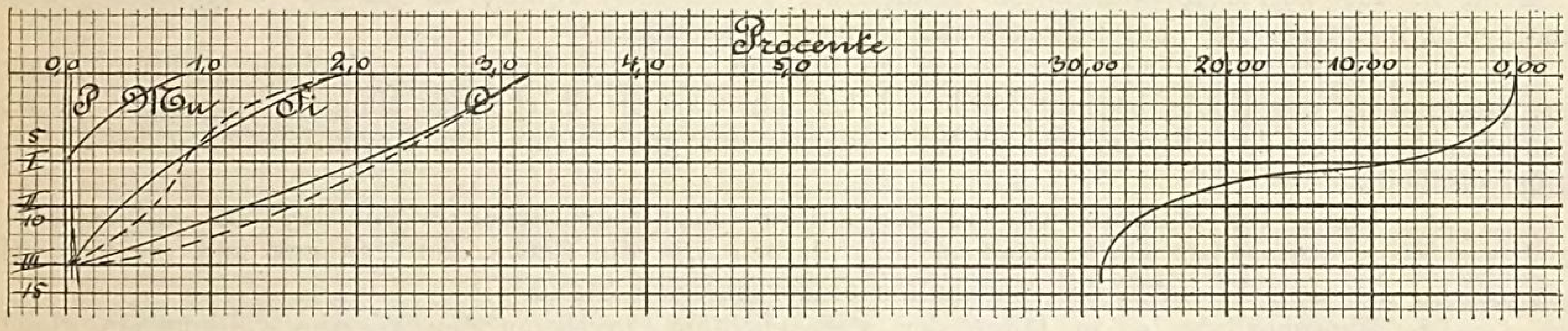
	Unterblasener, stark siliciumhaltiger Stahl.	Mürber, faulbrüchiger Stahl mit hohem Siliciumgehalt.	Guter Stahl.	Schaleneisen.
Fe . . .	n. b.	98,120	98,831	98,384
C . . .	0,445—0,515	0,530	0,490	0,729
Si . . .	0,844—0,270	{0,664 0,644 0,644} —0,654	0,009	0,965
S . . .	n. b.	{0,069 0,066} —0,0675	0,033	0,110
P . . .	n. b.	0,038	0,036	Sp.
Mn . . .	n. b.	0,554	0,576	Sp.
Cu . . .	n. b.	0,031	0,025	n. b.

Es enthielten:

	Das eingesetzte Roheisen.	Die Probe I, 6 Minuten nach Beginn des Blasens.	Die Probe II, 9 Minuten nach Beginn des Blasens.	Die Probe III, 13 Min. nach Beginn.	Bohrspäne eines Stahlgusses.	Bohrspäne von Schienenenden.
Fe . .	94,682	92,245	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Graphit	{2,06	{ —	—	—	—	—
C . .	1,20} 3,218	2,127	1,55	0,097	0,566	0,519
Si . .	{1,964 1,941} 1,952 *)	{0,792 0,798} 0,795	{0,635 0,635} 0,635	0,020	0,630	0,033
S . .	0,014	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.
P . .	{0,050 0,047} 0,048	{0,055 0,048} 0,051	0,064	0,067	0,055	0,053
Mn . .	0,086	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.
Cu . .	—	—	—	—	0,039	0,039

Zu bemerken ist noch, dass bei der Roheisenuntersuchung sowohl jede der Kohlenstoffmodificationen durch besondere Operationen als auch das Gesammtquantum durch eine besonders ausgeführte Verbrennung bestimmt worden ist, und dass bei Probe I—III und den Spänen der Kohlenstoff als chemisch gebunden vorausgesetzt wurde.

Aus der Phosphorlinie kann man die gesammte Abbrandcurve construiren und danach die Analysen corrigiren behufs graphischer Aufzeichnung.



Bei Entnahme von Probe I waren schon $100 - \frac{48 \times 100}{51}$ oder rund $6/_{00}$ verbrannt, bei Probe II schon $100 - \frac{48 \times 100}{64}$ oder genau $25/_{00}$, bei Probe III sogar schon $100 - \frac{48 \times 100}{67} = 28{,}5/_{00}$ verbrannt, unter der Voraussetzung, dass der nur 0,48 betragende *P*gehalt ziemlich intakt geblieben, was ja ziemlich plausibel klingt.

Man erhält unter Ausführung der genannten Correktionen für die Proben I—III

an *C*	1,99938 (I)	1,16 (II)	0,09424 (III),
an *Si*	0,7473 (I)	0,476 (II)	0,0143 (III),

während die übrigen Stoffe nicht in Betracht kommen.

§ 185. Fast gleichzeitig mit der Snelus'schen Arbeit publicirte Dr. Kessler zwei Reihen von Untersuchungen, welche sich auf das Stahlwerk Osnabrück beziehen und in Dingler's Journal (Bd. 205, 1872, S. 436) erschienen sind.

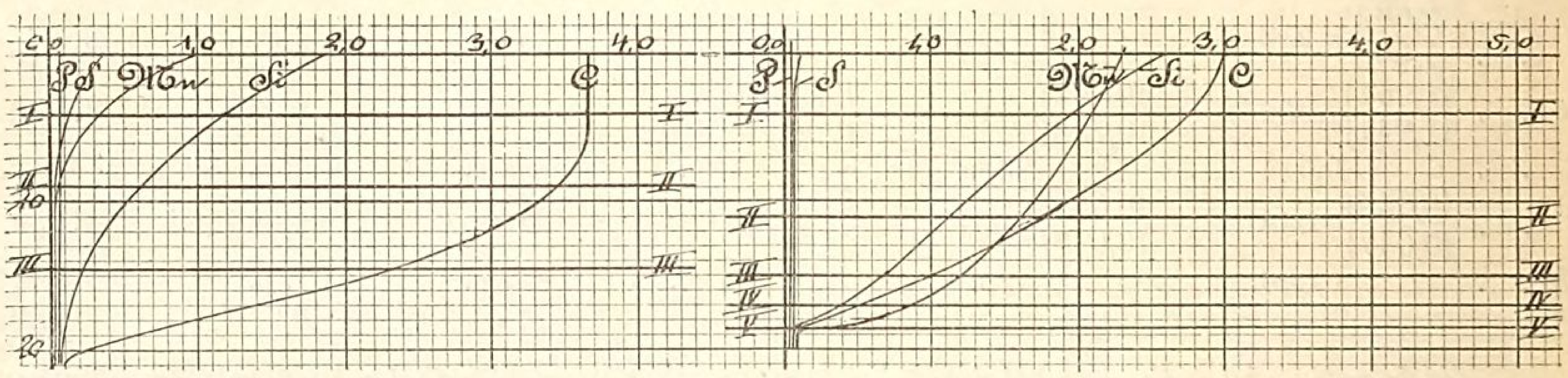
*) Wedding hat (Schmiedbares Eisen, S. 380) nur $1{,}052/_{00}$ *Si* und 2,09 Graphit und baut darauf zum Theil seine Schlüsse.

Dieselben sind zum Theil ohne jegliche Zeitangabe, zum Theil mit nur unvollständiger Zeitangabe versehen, und aus diesem Grunde lassen sie sich auch nur mangelhaft verwerthen, obwohl sie überall abgedruckt worden sind und neben den beiden Untersuchungen von Kupelwieser und Snelus in diversen Lehrbüchern das ganze experimentale Fundament für die Darstellung des theoretischen Verlaufs vom Bessemerprocess bilden.

Das Einzige, was aus den Kessler'schen Analysen abgeleitet werden kann, ist eine aus der scheinbaren Zunahme des Kohlenstoffgehalts vom Beginn der Operation bis zur Entnahme der zweiten Probe hervorgehende anfängliche Constanz des Kohlenstoffgehalts, gleichbedeutend mit verzögertem Beginn der Verbrennung desselben, während die Neuberger Charge, welche Kupelwieser beschreibt, sowie die Charge von Dowlais gleich von Anfang an die Kohlenverbrennung zeigen.

Die Analysen Kessler's sind von berufener Hand umgearbeitet und in Diagramme verwandelt worden, welche die wirklichen Abbrandverhältnisse zeigen unter gleichzeitiger Hervorhebung des Gegensatzes zwischen einer kalten und einer warmen Charge.

Die Diagramme finden sich wie noch zwei andere Mittheilungen über Analysen von Bessemerchargen in einer wenig bekannten Arbeit von Garcke, Untersuchungen über die Bruchfähigkeit des Schienenstahls (Zeitschrift für Bauwesen, Bd. 26, S. 423).



In den vorstehenden Skizzen sind die beiden Diagramme, auf die gleichen Coordinatenverhältnisse wie die der früheren Diagramme umgezeichnet, wiedergegeben; links ist die kalte, rechts die warme Charge graphisch dargestellt. Der Verlauf beider unterscheidet sich wesentlich dadurch, dass in der kalten Charge, wie schon bei der Bearbeitung der Kupelwieser'schen Arbeit hervorgehoben worden ist, der Kohlenstoff erst später, zwischen der ersten und zweiten Probenahme, zu verbrennen beginnt, während in der warmen Charge der Kohlenstoff gleich von Anfang an an der Verbrennung Theil nimmt und in kurzer Zeit mit Silicium und Mangan wetteifert.

Bei der kalten Charge sind das ganze Mangan und zwei Drittel des Siliciums verbrannt, wenn die Verbrennung der Kohle beginnt, während bei der warmen Charge das Mangan langsamer zu verbrennen scheint als das Silicium und dieses wiederum nur ganz wenig dem Oxydationstempo des Kohlenstoffs voraneilt.

Die Curve für Schwefel ist bei der kalten Charge deutlicher erkennbar, weil ein schwefelreicheres Eisen verwendet wurde; sie verläuft ähnlich wie die Curve des Mangans und erreicht mit derselben den dem Minimum des Rückhaltes entsprechenden Stand.

Die Phosphorlinie ist in Folge der stattgehabten Correktion der Werthe vollkommen gleichmässig und eine gerade Linie.

§ 186. Im Anschluss an diese beiden durch Diagramme verdeutlichten Chargen des Eisen- und Stahlwerkes Osnabrück theilt Garcke im Verfolg seiner Arbeit noch zwei andere Chargenuntersuchungen mit, welche ebenfalls in ähnlichem Contrast zu einander stehen wie die beiden Osnabrücker Chargen.

Die eine, durchaus mit englischem Eisen abgeführt, ist auf den Atlas Works zu Sheffield (John Brown & Co.) verblasen und von Elliot Barker untersucht worden; die zweite Charge wurde durch A. Hösch in Dortmund mitgetheilt, ohne weitere Angabe der Details.

Die erste zeigte die folgenden Verhältnisse:

	Charge	nach 6 Min.	nach 12 Min.	fertig vor Spiegelzusatz	nach dem Spiegelzusatz, d. h. 20 Min.
C . . .	1,00	3,94	1,64	0,19	0,37
Graphit .	2,57	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.
Si . . .	2,26	0,955	0,47	Sp.	Sp.
S . . .	0,107	0,098	0,098	0,098	0,090
P . . .	0,073	0,070	0,070	0,070	0,056
Mn . . .	0,044	Sp.	Sp.	Sp.	0,54

Das Steigen des Kohlenstoffgehalts von zusammen $3,57/_{00}$ auf $3,94/_{00}$ beweist wiederum, dass man es mit einem Gleichbleiben des absoluten Kohlenstoffgehalts bis zur Entnahme der ersten Probe zu thun hat, und dass sicher erst nach 6 Minuten die Verbrennung des Kohlenstoffs eingetreten ist. Dieser Umstand indicirt eine kalte Charge, welche aber dann analog rasch oxydirt, wie die Charge, welche dem Diagramm (S. 272, links) zu Grunde liegt.

Auffallend ist bei dieser Charge noch die fast vollkommene Abwesenheit des Mangans, ein Umstand, der allerdings sich in der Eigenthümlichkeit des englischen Materials begründet (vergl. die Analysen 19—21 auf Seite 298 des II. Bandes), welches fast stets weniger als $1,10/_{00}$ *Mn* enthält, sobald nicht, wie z. B. in Eston bei Middlesbro', spanische, manganreiche Erze (Palomares u. A.) zugeschlagen worden sind.

Sehr interessant sind die von Garcke an die Besprechung der kalten Charge geknüpften Betrachtungen über den Einfluss der Chargendauer auf die Qualität des Produktes. Er hebt, nach den Ausführungen Schemmann's, hervor, dass, je länger der Beginn der Oxydation des Kohlenstoffs auf sich warten liesse, um so grösser die Gefahr sein würde, dass das Produkt im Converter schon die Eigenschaften des Verbranntseins zeige.

Die Erklärung dafür liegt in der weit stärkeren Oxydation des Eisens und in der überreichen Bildung einer an *FeO* reichen Schlacke, wobei eine Menge von dem *FeO* im Metall gelöst oder fein vertheilt bleibt und das Reissen und Springen bei der späteren Behandlung in hoher Temperatur hervorruft.

Aus der Anführung der Erfahrung:

dass Stahl schneller verbrenne als Eisen,

dass hochgekohlter Stahl schneller verbrenne als verhältnissmässig minder gekohlter Stahl,

kann man in der That kaum Anderes folgern, als dass bei kalten Chargen sich mehr *FeO* bilde als bei warmen, bezw. dass sich dieses Oxydationsprodukt beim Vorhandensein von gebundenem Kohlenstoff schlecht verschlackt und aus dem Metall herausgeht.

Die andere von Garcke mitgetheilte Charge zeigt ganz andere Verhältnisse; sie ist entschieden mit deutschem Bessemereisen ausgeführt worden und vermuthlich auf dem Stahlwerk Hösch selber.

Die Verhältnisse sind folgende:

	Charge	nach 6 Minuten	nach 12 Minuten	fertig vor dem Spiegelzusatz	fertig nach dem Spiegelzusatz
Graphit .	3,180	—	—	—	—
C . . .	0,75	2,465	0,449	0,087	0,234
Si . . .	1,960	0,443	0,112	0,028	0,033
P . . .	0,040	0,040	0,045	0,045	0,044
Mn . .	3,460	1,645	0,429	0,113	0,139
S . . .	0,018	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.
Cu . .	0,085	0,091	0,093	0,120	0,105

Es ist noch besonders hervorzuheben, dass bei dieser Charge der auf 3,93 sich belaufende summarische Kohlenstoffgehalt gleich bei der ersten Probenahme einen relativen Abbrand von über 1,475 zeigt, so dass der absolute jedenfalls noch höher ist.

§ 187. Diese vereinzelten und zum Theil wenig bekannt gewordenen Untersuchungen des Bessemerprocesses sind in hohem Maasse vervollständigt und abgeschlossen worden durch die Arbeiten von Dr. Müller, von denen die erste in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Bd. XXII, S. 385 publicirt worden ist.

Eingangs dieser Arbeit unterscheidet der Verfasser mehrere Arten der älteren Bessemerarbeiten nach den bis dahin publicirten Analysen und Diagrammen:

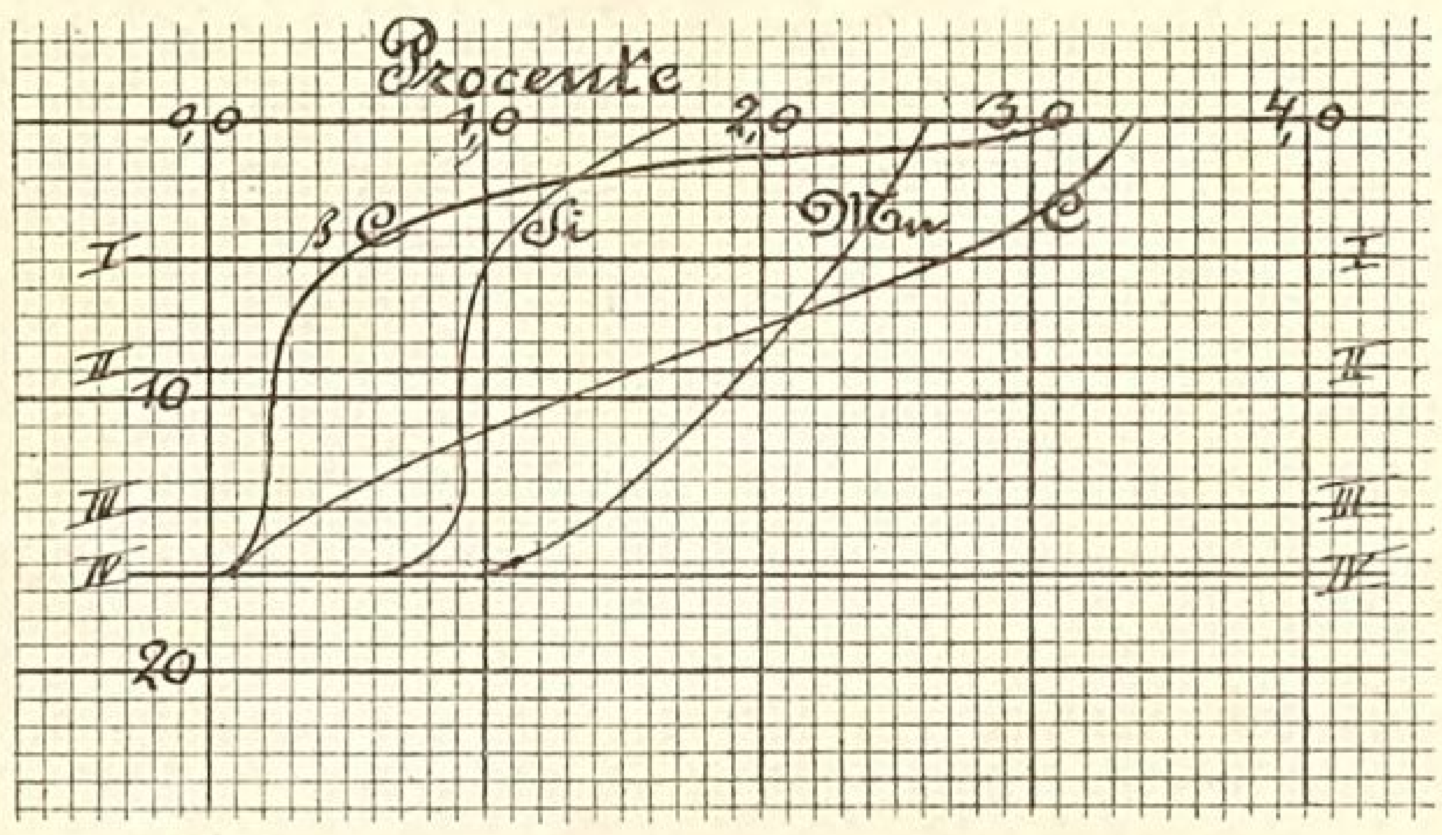
1. ein gewissermaassen idealer Verlauf der Verbrennung, wobei die Curven ziemlich gradlinig einem Nullpunkt zustreben (zweite Charge von Osnabrück, Charge von Reschitza). Hierzu gehört wohl auch die Snelus'sche Charge!
2. eine zweite Art des Processes, bei welcher die Siliciumcurve anfangs steil abfällt, dann verflacht, während die Kohlenstoffcurve (vom Anfang an fallend) dieselbe ist wie bei dem später von Müller aufgestellten Diagramm. Hierbei führt der Verfasser die Hösch'sche Charge und die Neuberger Charge an, obwohl die letztere nicht mit Sicherheit das sofortige Fallen der Kohlenstofflinie erkennen lässt, da bis zur Entnahme der zweiten Untersuchungsprobe die Zeit von 28 Minuten verstrichen war;
3. die kalte oder englische Charge, bei der die Kohlenstofflinie erst wagrecht läuft und dann langsam sich niedersenkt, während die Siliciumlinie gleich steil abfällt. Hierfür ist die Charge von Sheffield (in der Garcke'schen Arbeit) sowie die Charge I von Osnabrück Beleg.

Ganz verschieden von diesen zum Theil erloschenen Chargenverläufen sind die von Müller auf verschiedenen deutschen Stahlwerken untersuchten Reaktionsfolgen, welche bei gleicher Windführung vollkommen analoge, zum Theil sogar congruente Curven in den Diagrammen geben können.

Da es ein Unrecht gegen die Verdienste Müller's wäre, eigenmächtig eine Auswahl unter den von ihm untersuchten Chargen zu treffen, sind nachstehend sämmtliche Mittheilungen und auch sämmtliche vollständige Diagramme (die letzteren auf die Coordinatenverhältnisse der früheren hier gebrachten Diagramme übertragen) mitgetheilt worden. Zudem bieten die Müller'schen Beobachtungen eine Fülle interessanter Einzelheiten für die Praxis des Converterprocesses.

§ 188. Die im beifolgenden Diagramm dargestellte Charge vom Stahlwerk Osnabrück hatte die damals gewöhnliche Mischung von ca. $70/_{00}$ Bessemereisen von der Georg Marienhütte und $30/_{00}$ cumberländischem Eisen.

Gleich beim Beginn zeigte sich die Natriumlinie, indess war der weitere Verlauf als normal nicht zu bezeichnen, da sich gegen das Ende ungewöhnlich gesteigerte Eruptionserscheinungen zeigten.



Das zwischen der 9. und 14. Minute angewandte Mittel, den Winddruck des Gebläses bis zur zulässigen unteren Grenze herabzusetzen, verhinderte nicht das Auswerfen von mehreren Centnern Metall durch die Heftigkeit der Explosionen. Die Schlacke wurde erst ganz am Ende dünnflüssig, wobei zu bemerken ist, dass man in Osnabrück die Gewohnheit hat, die Schlacke dunkelbraun werden zu lassen, worauf man den Process als beendet ansieht.

Die grünen Linien des Spektrums verschwinden in der Regel zu derselben Zeit, oft später, zuweilen auch früher. Der Verlauf der Charge ist im Diagramm nur bis zu diesem Moment dargestellt, während Müller auch noch die Spiegelreaktion und das kurze Nachblasen berücksichtigt hat.

Die Zeiträume sind ganz gleichmässig aufgetragen, während im Originaldiagramm die Zeitabscisse von der 9. bis zur 14. Minute in dem (nicht bestimmt angegebenen) Maasse verkürzt ist, als das Gebläse langsamer ging.

Der Spiegelzusatz dieser Charge betrug $4/_{00}$ mit $8/_{00}$ *Mn* und $4{,}5/_{00}$ *C* und wurde kalt in den Converter geworfen. Als Folge beobachtete man nur eine Verdünnung der Schlacke, aber keine nennenswerthe Kohlenoxydgasentbindung. Nach dem Schmelzen des Spiegels wurde wie gewöhnlich wieder geblasen bis zum Kurzwerden der Flamme und bis das Poltern im Innern des Converters aufhört, worauf schliesslich noch $3/_{00}$ Schienenenden zugesetzt werden.

Das Metall fliesst ohne Spur einer Flamme als scharf begrenzter Strahl in die Pfanne und zeigt beim Erstarren das früher besprochene Steigen in den Coquillen, weshalb letztere verkeilt werden müssen.

Die Probe IV des Diagramms, die unmittelbar vor dem Spiegelzusatz genommen wurde, trieb ebenfalls sehr stark, während die vorher genommenen Proben I—III vollkommen ruhig erstarrt waren. Zu bemerken ist noch, dass Probe II nur am Rand weissstrahlig, innen aber dunkelgrau war.

Der Ausweis der Analysen ist folgender gewesen:

	Charge	Probe I	II	III	IV
		nach 5	9	14	16,5 Minuten
Kohlenstoff . .	3,39	2,69	1,591	0,419	0,046
Graphit (β C) . .	3,10	0,438	0,251	0,223	0,019
Silicium . . .	1,73	1,02	0,927	{0,943 / 0,945}	0,514
Mangan . . .	2,63	2,29	1,84	1,44	0,914

Nach dem Zusatz und dem Nachblasen von 15 Secunden zeigte die entnommene Probe

0,142 *C* 0,104 *β C* 0,445 *Si* 1,018 *Mn*

§ 189. Die im Diagramm (S. 275, oben) dargestellte Charge, ebenfalls vom Eisen- und Stahlwerk Osnabrück, hatte einen normalen Verlauf, ohne starken Auswurf, im Uebrigen aber genau die Charaktere, die bei der vorigen Charge namhaft gemacht worden sind.

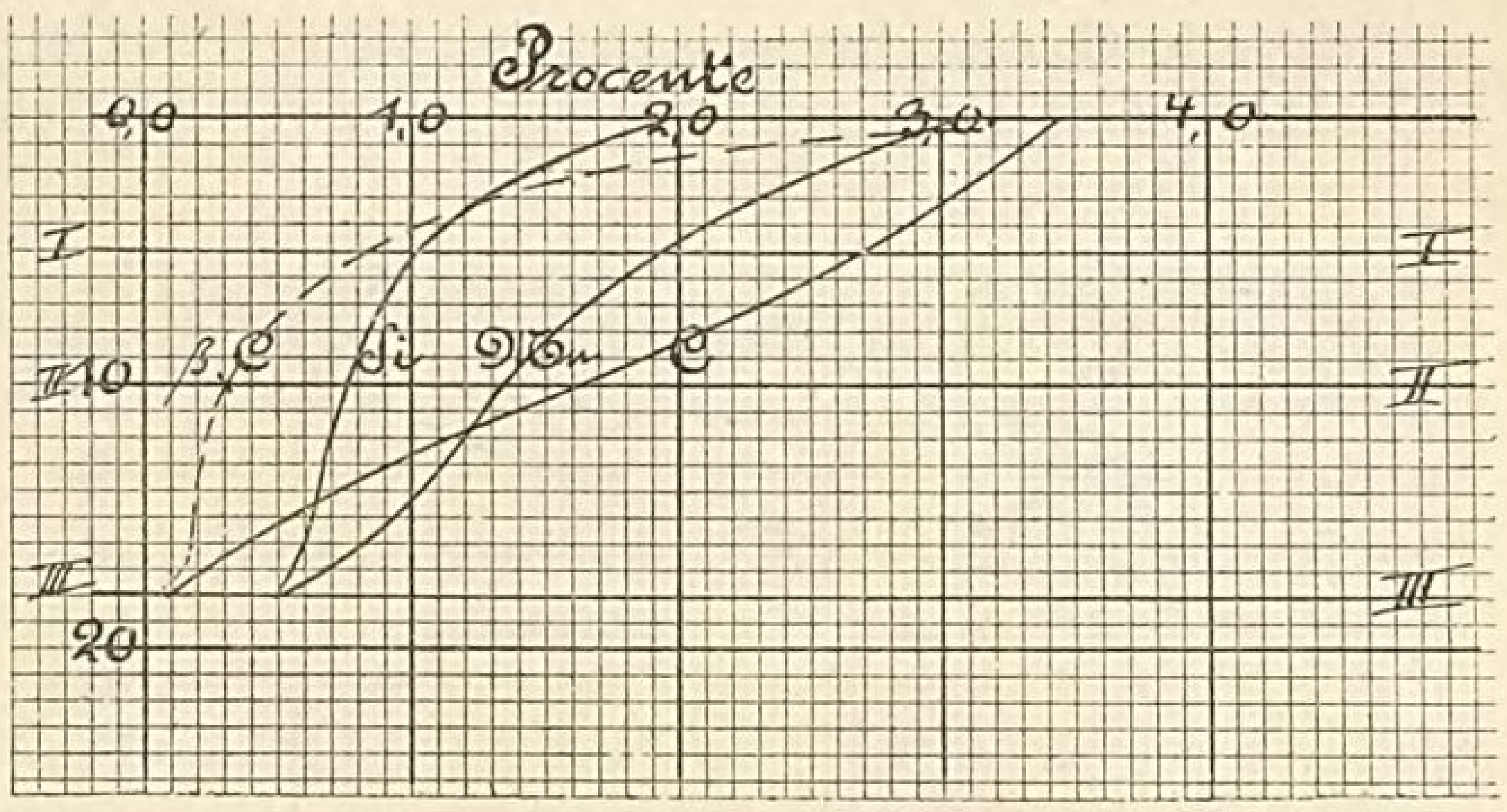
Nach dem Zusatz des Spiegels wurde noch 40 Secunden geblasen, während welcher Zeit ein starker Abbrand stattfand, den Müller auch graphisch dargestellt hat, während die hier vorliegende Reproduktion des Diagramms nur bis zum Spiegelzusatz geht.

Die Analysen ergaben für die

	Charge	Probe I nach 5	II 10	III 18 Minuten
Kohlenstoff	3,46	2,71	1,63	0,092
Graphit (β C) . . .	3,18	—	0,317	—
Silicium	1,94 / 1,92	1,07	0,79	0,532
Mangan	2,99	1,92	1,36	0,538

Die nach dem Spiegelzusatz und dem Nachblasen entnommene Probe ergab:

0,105 / 0,103 Kohlenstoff,
0,346 Silicium,
0,621 Mangan.

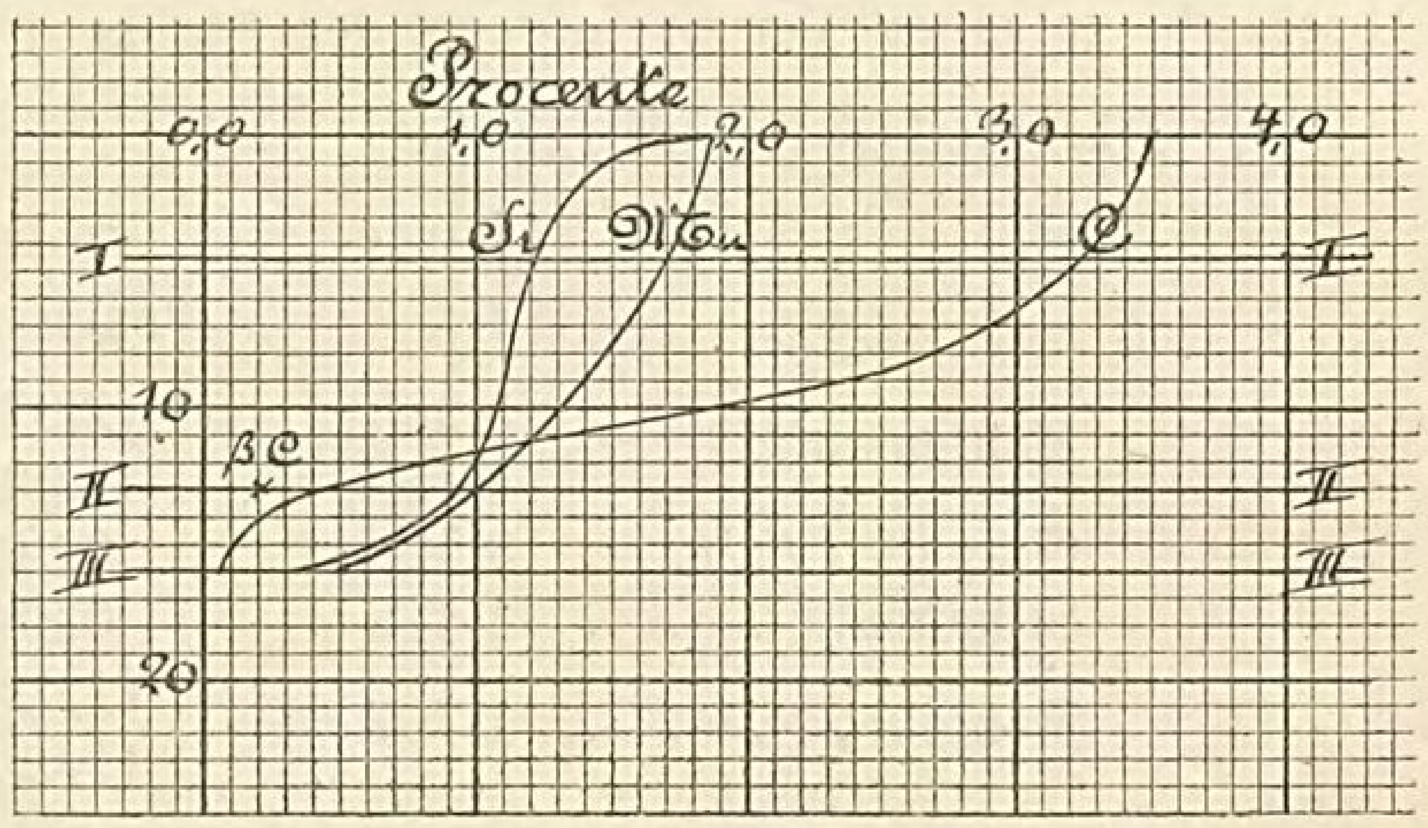


Der Graphit ist nur in der Charge und in der zweiten Probe bestimmt worden, weshalb die Curve als hypothetisch nur punktirt angedeutet werden konnte.

Aus diesem Diagramm einer normalen Osnabrücker Charge ersieht man den raschen Gang einer heissen Charge und den Verlauf der Entkohlung bei zurückbleibendem grösseren Silicium- und Manganrückhalt, als ihn die kalten Chargen zeigten.

§ 190. Das dritte der Müller'schen Diagramme veranschaulicht eine Charge des Stahlwerks Hösch bei Dortmund (28. April 1878), welche 7500 Kilo betrug und zu zwei Dritttheilen aus englischem Bessemereisen, zu einem Dritttheil dagegen aus manganreichem deutschen Bessemereisen bestand. Auch hier zeigte sich sofort die Natriumlinie, als man zu blasen angefangen hatte.

Die erste Probe wurde genommen, als die Flamme constant sich zeigte (nach $4^1/_2$ Minuten) und nach Entnahme der Probe setzte man der Charge 150 Kilo Schienenenden zu, deren Wirkung auf den Verlauf nicht festgestellt werden konnte.



Als die Flamme kleiner zu werden begann, nahm man die folgende Probe (nach 13 Minuten); diesen Zeitpunkt, den Beginn der dritten Periode, lernt man nach einiger Uebung sehr genau und sehr sicher erkennen.

Beim Weiterblasen wurde die Charge so heiss, dass schliesslich nur ein dicker weisser Qualm, aber keine eigentliche Flamme zu erkennen war.

Nach dem Einsetzen von $6^1/_{2}/_{00}$ geschmolzenem Spiegeleisen trat eine sehr kräftige Kohlenoxydflamme auf; nun wurden noch 250 Kilo Schienenenden zugesetzt und langsam auf und nieder gekippt, bis dieselben zergangen waren.

Beim Ausgiessen zeigte sich oben und unten am Strahl des Metalls eine Flamme; das Metall erstarrte in den Formen vollkommen ruhig zu homogenen Blöcken, obwohl es vor dem Spiegelzusatz (Probe III) sehr stark getrieben hatte.

Die Schlacke war am Ende sehr dünnflüssig und blau angelaufen.

Die analytischen Ausweise zeigten für die

	Charge	Probe I nach $4^1/_4$	II 13	III 16 Minuten
Kohlenstoff . . .	3,516	2,780	0,428	0,053
Graphit (β C) . .	—	—	0,215	—
Silicium	1,847	1,213	0,932	0,285
Mangan	1,928	1,687	1,005	0,373

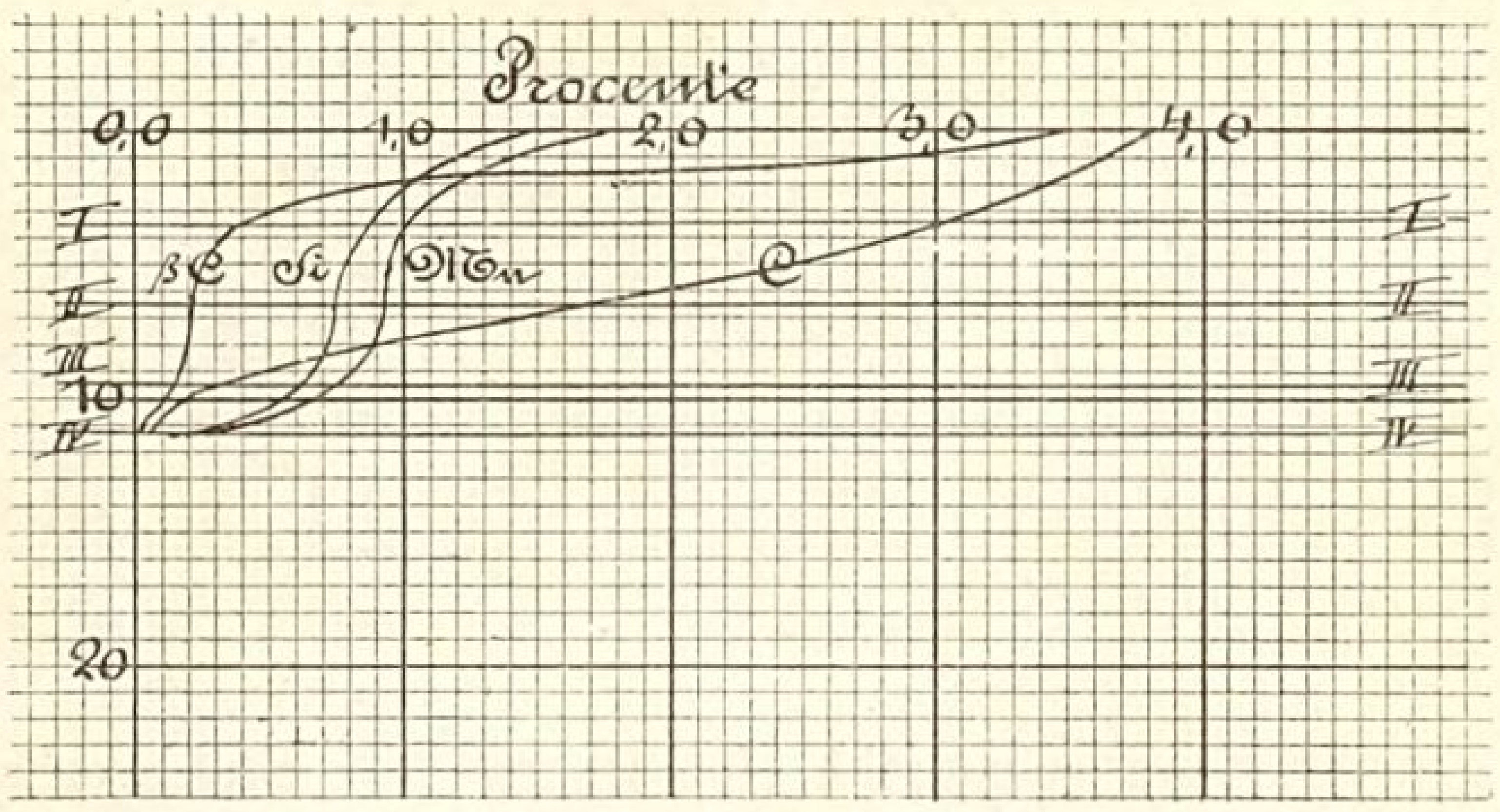
Nach erfolgtem Spiegelzusatz hatte das Metallbad nachstehende Zusammensetzung:

Kohlenstoff	0,228
Silicium	0,270
Mangan	0,620

Auch bei diesem Diagramm hatte Müller die Spiegelreaktion graphisch dargestellt, doch unterblieb hier ihre Reproduktion ebenfalls, weil eine bestimmte Zeitangabe betreffend Zusatz und Reaktion nicht gemacht worden.

§ 191. Das vierte Diagramm stammt von der Untersuchung einer Charge in Bochum (Gussstahlfabrik), 30. April 1878.

Die Charge bestand zu drei Fünftel aus eigenem Bessemerroheisen (unter Zuschlag spanischer und algierischer Erze erblasen) und zu zwei Fünfteln aus cumberländischem Roheisen.



Sofort nach Beginn des Blasens zeigte sich die Natriumlinie, während der zweite grüne Streifen nach ½ Minute aufblitzte.

Ein Schienenzusatz in der Mitte des Verlaufs fand nicht statt und der Winddruck war sehr constant, 1½ Atmosphäre. Man sieht den Process mit dem Verschwinden der grünen Spektrallinien als beendet an. Der Spiegelzusatz betrug wie immer 8/00, wobei eine kräftige Flamme entsteht; sowie die Reaktion beendet ist, wird ohne Weiteres gegossen.

Das ausfliessende Metall flammt lebhaft, die erzielten Blöcke erweisen sich als absolut dicht, die Schlacke wurde aber erst gegen das Ende hin dünnflüssig.

Für den überraschend schnellen Verlauf dieser Charge findet Müller eine Erklärung in einer wahrscheinlich durch Düsenverkürzung herbeigeführt gewesenen Vergrösserung der Windmenge.

Die Spiegelreaktion konnte diesmal auch von Müller nicht berücksichtigt werden, da verschiedene Umstände zu einer Verunreinigung des Stahls in der Pfanne geführt hatten.

Die Analyse ergab für die

	Charge	Probe I nach 3½	II 6½	III 9½	IV 11½ Minuten
Kohlenstoff . .	{3,96 / 3,78}	{2,975 / 2,994}	1,751	0,299	0,075
Graphit (βC) . .	3,506	0,368	0,257	0,185	0,035
Silicium	1,486	0,884	0,749	0,634	0,128
Mangan	1,767	{1,020 / 1,008}	0,940	0,736	0,260

Nach dem Spiegelzusatz zeigte das Metall

0,418 Kohlenstoff 0,340 Silicium 1,066 Mangan.

§ 192. In Bochum beobachtete Müller auch noch die Reaktion beim Zusatz von Spiegeleisen an einer anderen Charge so genau als möglich, indem eine Probe Spiegel aus der Rinne des Cupolofens und eine Probe des fertigen Stahls analysirt und auch die Massen genau ermittelt wurden.

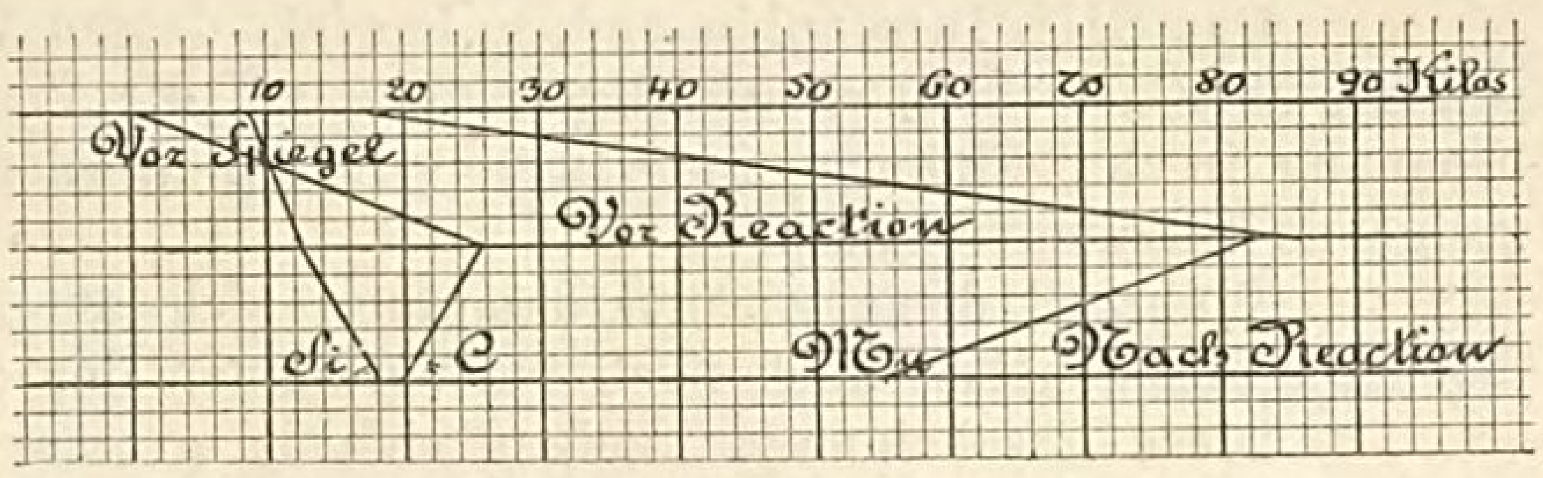
Das Gewicht der erhaltenen Blöcke betrug 7793 Kilo, rund 7800 Kilo und es wurden 600 Kilo Spiegel eingeschmolzen.

Es enthielten:	die Charge vor dem Spiegel	die Charge nach dem Spiegel	der Spiegel
Kohlenstoff	0,046	0,256	4,31
Silicium	{0,122 / 0,123}	{0,227 / 0,240}	0,571
Mangan	0,248	{0,700 / 0,722}	10,86

Daraus berechneten sich die absoluten Mengen der drei Stoffe in Kilo wie folgt:

	I Vor Spiegel	II Nach Spiegel	III Im Spiegel	I + III	I + III — II	Zugehöriger Sauerstoff
Kohlenstoff . .	0,33	19,87	25,86	26,19	+ 6,32	+ 8,41 Kilo
Silicium . . .	8,83	18,17	3,63	12,46	— 5,71	— 6,53 „
Mangan . . .	17,95	55,46	65,16	83,11	+ 27,65	+ 8,04 „
Gesammtgewicht	7240	7800	600			

Es entsteht unter Benutzung dieser Werthe das nachstehende interessante Diagramm, welches allerdings mit der Unterstellung entworfen worden ist, dass die Zeiträume der Mischung und der Reaktion gleiche sind, was nicht vollkommen den Verhältnissen entspricht. Nichtsdestoweniger ersieht man leicht aus den Linien der Figur die ausserordentlich rapide Steigerung und Wiederabnahme des Mangans, weniger des Kohlenstoffs, während das Silicium im Bade bleibt und auch während der Reaktion selber scheinbar zunimmt.



§ 193. Ausser diesen erwähnten Chargen wurden von Dr. Müller noch zwei Chargen untersucht, welche auf der Dortmunder Union und auf dem Eisen- und Stahlwerke Osnabrück erblasen worden sind.

Die erstere (27. April 1878) bestand bei 8000 Kilo Einsatz, zu $^3/_8$ aus englischem Eisen, zu $^3/_8$ aus deutschem Eisen und zu $^2/_8$ aus Schrot. Der Satz zeigte, in eine Coquille gegossen, eine leichte Hartschalenbildung, war also als mässig halbirt zu bezeichnen.

Die Charge zeigte einen geringen Mangangehalt, wurde dabei nicht allein kälter eingeschmolzen, sondern auch während des Verlaufs, zwischen der 10. und 13. Minute durch extra $3^1/_2/_{00}$ Schienenenden, die ohne Unterbrechung des Blasens von oben her in den Converter geworfen wurden, abgekühlt.

Die Natriumlinie, welche anfangs nur aufblitzte, wurde erst nach 2 Minuten constant und die Schlacke blieb während des Verlaufs so zäh, dass das Probenehmen sehr erschwert und unvollständig gemacht wurde. In Folge dessen musste in dem resultirenden Diagramm manches „nach eigenen Beobachtungen und den in der angezogenen Arbeit selbst hergestellten Gesetzen der Wirklichkeit entsprechend“ ergänzt werden.

Nach Beendigung des Processes wurden ca. $9/_{00}$ geschmolzenes Spiegeleisen zugesetzt; dadurch entstand eine ziemlich kräftige Flamme und ein Flüssigerwerden der Schlacke. Der fertige Stahl flammt beim Giessen auf, treibt aber beim Erstarren.

Die analytischen Ausweise mussten sich auf folgende Ermittelungen beschränken:

	Charge	Probe I nach 5	II 10	Nach Spiegelzusatz mehr wie 15 Minuten
Kohlenstoff . . .	n. b.	n. b.	n. b.	0,332
Graphit	n. b.	n. b.	0,280	n. b.
Silicium	2,032	1,136	0,830	0,166
Mangan	0,686	0,412	0,296	0,817

Die Curven verlaufen im Siliciumgehalt ähnlich wie bei dem Diagramm der Charge vom Stahlwerk Hösch, im Mangangehalt der geringen Menge und geringen Anfangstemperatur entsprechend, erheblich flacher.

Die zweite der jetzt angeführten Chargen, vom Eisen- und Stahlwerk Osnabrück, wurde mit reinem Cumberlandeisen erblasen und zeigte, sofort nach Beginn, die Natriumlinie ganz deutlich. Die Charge verlief sehr heiss und der Eintritt der dritten Periode war (jedenfalls aus diesem Grunde) nicht genau zu erkennen.

Der Spiegeleisenzusatz gab nur schwache Reaktion und die nicht flüssige Schlacke erschien durch und durch schwarz.

Der Verlauf der Kohlenstoff- und Siliciumverbrennung ist nach den gemachten Analysen nicht wesentlich anders gewesen als bei den vorher untersuchten Chargen.

Die Analyse ergab für die

	Charge	Probe I nach 5	II 13	III 18 Minuten
Kohlenstoff . . .	3,74	3,074	0,852	0,107
Silicium	2,71	{1,956 2,000}	1,524	1,037

§ 194. Wendet man sich nunmehr den allgemeinen Folgerungen zu, welche Müller aus diesen werthvollen Untersuchungen abgeleitet hat, so wird zunächst die scharfe Ausgeprägtheit des deutschen Bessemerprocesses hervorgehoben, welche bei gleicher Windzuführung und gleicher Chargirung nicht nur ähnliche, sondern sogar congruente Curven in den Diagrammen gäbe.

Namentlich die dritte Periode zeigt in all den angeführten und erläuterten Fällen eine grosse Uebereinstimmung im Verlauf der Oxydationserscheinungen. Man kann aber nach Müller auch ohne Analyse, lediglich nach äusserlichen Merkmalen erkennen, ob eine Charge nach dem gedachten Schema verläuft. Die etwaige Intensität der Kohlenstoffverbrennung verräth sich durch die Grösse der Flamme und durch das Getöse im Converter, welche beide Erscheinungen einen Maassstab bilden für die Grösse oder die Ausdehnung jener Reaktion.

Das Silicium anlangend, so bewirkt dessen Verbrennung eine schnelle Erhöhung der Temperatur, welche, über der Stahlschmelzhitze anlangend, die Verdampfung des Eisens verursacht, durch dessen Verbrennung in der Flamme einen immer dichter werdenden Rauch hervorruft, der also indirekt die stark steigende Siliciumverbrennung angibt.

Während diese Eisenverdampfung sich am Rauch erkennen lässt, macht sich die Oxydation des Mangans daneben auch noch im Verdünnen der Schlacke geltend.

Diese Erscheinungen zeigen sich in grosser Uebereinstimmung bei allen heissen Chargen, die von Müller beobachtet wurden; alle hatten eine Schlussperiode, in welcher durch Siliciumverbrennung eine schnellvermehrte Rauchbildung entstand und wo bei hinlänglichem Mangangehalt auch ein Verdünnen der Schlacke am Schlusse eintrat.

Bei der weiteren Ausführung der Charakteristik des von ihm zuerst begrifflich abgegrenzten und festgestellten deutschen Bessemerprocesses gelangt Müller zur Stellung und Discussion zweier Hauptfragen:

1. An welche Bedingungen ist der deutsche Bessemerprocess geknüpft?
2. Was leistet derselbe?

§ 195. Die Bedingungen jedes, auch des deutschen Bessemerprocesses liegen, die gebräuchlichen Apparate vorausgesetzt, in der Anfangstemperatur und der chemischen Zusammensetzung der Charge.

Zur Beurtheilung des Einflusses der Anfangstemperatur ist an das zu erinnern, was früher und besonders in §§ 168—169 hinsichtlich der calorischen Rolle der in Frage kommenden Elemente festgestellt worden ist. Aus dem mitgetheilten Diagramm kann man sehr leicht die Temperatursteigerung nach Ermittelung des Abbrandes feststellen.

Es ist zunächst festzuhalten, dass lediglich das Silicium als Heizmaterial in Frage kommt, und dass ein Procent desselben die Temperatur um ca. 300° erhöht, während der pyrometrische Effekt der Metalle viermal geringer ist, und während der Kohlenstoff nicht nur nicht wärmend, sondern sogar etwas abkühlend wirkt. Seine Verbrennung erfolgt nur zu Oxyd, was sich stöchiometrisch aus den Analysen feststellen lässt, und es hat diese Verbrennungserscheinung ihr Temperaturmaximum bei 1500°, so dass, wie schon im § 169 hervorgehoben, der Kohlenstoff unter 1500° vorhandener Badtemperatur wärmt, über 1500° dagegen kühlt.

Für den Verlauf der Verbrennung ist ausserdem die Thatsache von grosser Bedeutung, dass die chemische Verwandtschaft des Kohlenstoffs zum Sauerstoff unter einer gewissen Temperatur gleich Null ist, darüber hinaus aber sehr rasch zunimmt.

Wie die kalte Charge des gewöhnlichen englischen Processes zeigt, liegt die Entzündungstemperatur des Kohlenstoffs bedeutend über dem Schmelzpunkt des Gusseisens, das Silicium brennt dagegen schon bei Roheisenschmelzhitze und steigert die Badtemperatur bis zur Verbrennung des Kohlenstoffs.

Die deutschen Werke erreichen die Entzündungstemperatur bereits im Cupolofen, indem sie sehr heiss schmelzen, und es gilt daher die Regel, dass die Natriumlinie beim Blasen sofort erscheinen soll. Von da ab brennen die beiden Nebenbestandtheile nebeneinander und theilen sich in das eingeblasene Sauerstoffquantum. Da die Verbrennlichkeit des Kohlenstoffs sich indessen immer mehr steigert, nimmt er einen immer grösseren Antheil an der Verbrennung und verdrängt darin das Silicium, welches nach Verlauf einer gewissen Frist vollkommen zu brennen aufhört.*)

*) Durch Herabstimmen der Badtemperatur mittelst kalter Zusätze (von Schienenenden etc.) wird die Kohlenstoffverbrennung gezügelt und eine stärkere Siliciumverbrennung eingeleitet.

Müller erwähnt in dieser Hinsicht zwei Reihen von Versuchschargen von gleicher Zusammensetzung, deren eine mit Schienenzusätzen verarbeitet wurde, während man dies bei der anderen unterliess. Er fand bei einer Reihe:

mit Schienenzusatz von 3/00 2 Minuten vor Ende:	ohne Schienenzusatz verblasen:
0,364 *Si*;	0,512 *Si*;

bei der anderen Reihe:

mit Schienenzusatz von 5/00 4,5 Minuten vor Ende:	ohne Schienenzusatz verblasen:
0,205 *Si*.	0,450 *Si*.

Auch Versuche von Wasum in Bochum bestätigen das hier vorgetragene Resultat.

In diesem Zeitpunkt steht der Process in der vollsten Eruptionsperiode und es schlägt eine gewaltige stetige Flamme unter donnerndem Geräusch aus dem Converterhalse. Die Temperatur dieser Periode ist jedenfalls höher als der Schmelzpunkt des Schmiedeeisens, da dicke Eisendrähte, in den Converter gesteckt, sofort schmelzen, selbst innerhalb der Schlacke.

Müller, indem er die Temperatur der Eruptionsperiode auf 1600^0 festsetzt oder annimmt und weiter durch Rechnung findet, dass die bis zum Eintritt der Eruptionsperiode verbrennenden $0{,}8/_{00}$ *Si* eine Temperaturerhöhung von 200^0 in der gewöhnlichen Badmasse hervorbringen müssen, deducirt eine Anfangstemperatur von $1600^0 - 200^0 = 1400^0$, die er als Entzündungstemperatur des Kohlenstoffs hinstellt, besser ausgedrückt: als eine Temperatur, bei welcher der Kohlenstoff des Eisens brennen kann.

Ist der Kohlenstoff bis auf einen schwer verbrennlichen Rest verzehrt, so wirft sich die Verbrennung auf das noch hinreichend vorhandene Silicium und Mangan und erhöht die Temperatur um weitere 200^0, obwohl das Verschwinden der grünen Linien, welches das Ende des Processes spektroscopisch bezeichnet, die zweite Siliciumverbrennung etwa in der Mitte abbricht.

§ 196. Das Bild des deutschen Bessemerprocesses wird von Seiten Müller's vervollständigt durch Betrachtung der beiden anderen von ihm unterschiedenen Modificationen und durch Nachweis ihrer Stellung zu dem deutschen Process.

Das gleiche Eisen, nicht mit 1400^0, sondern mit nur 1200^0 in den Converter gelassen, wird ganz naturgemäss den englischen Process abspielen. Der Kohlenstoff brennt zunächst nicht, weil seine Entzündungstemperatur nicht erreicht ist; nur Mangan, Silicium und Eisen.

Erst nach bestimmter Zeit (Müller fixirt dieselbe auf 4 Minuten, da in dieser Frist gewöhnlich $0{,}8/_{00}$ *Si* verbrannt sind, welche 200^0 Temperatursteigerung geben) ist die Charge auf 1400^0 gebracht und befindet sich dann da im gleichen Stadium, wo die deutsche Charge beginnt.

Absolut dasselbe Stadium kann man eigentlich nicht sagen, da bis dahin eine bedeutende Silicium- und Manganabnahme stattgefunden hat und das gegenseitige Verhältniss der maassgebenden Bestandtheile ein anderes ist, als beim Beginn des deutschen Processes mit dem halben Eisen. Dennoch ist der weitere Verlauf der Charge für beide Processe wesentlich der gleiche, nur dass die Eruptionsperiode nach Verbrennen von noch 0,7 *C* beginnt. Die Kohlenstoffcurve fällt rasch ab und die flach gewordene Siliciumcurve gelangt sehr bald zum Parallelismus mit der Abscissenaxe nahe dem Nullpunkt.

Die heisse Schlussperiode des deutschen Processes fällt fort, denn sie ist beim englischen Process einfach auf den Anfang gelegt. Nur wenn der Siliciumgehalt hinlänglich hoch ist und $1{,}8/_{00}$ übersteigt, entwickelt sich auch beim englischen Verfahren eine heisse Endperiode.

Müller berechnet, dass dieselbe bei $2{,}3/_{00}$ *Si* vollständig zur Ausbildung gelangen, und dass in Folge dessen darüber hinaus ein Siliciumrest im Stahl verbleiben müsste.

Das Bestreben der englischen Bessemerleute, den Siliciumgehalt ihres Roheisens thunlichst zu vergrössern, beweist nach Müller die Existenz einer heissen Endperiode beim englischen Process, obwohl dieselbe analytisch noch nicht nachgewiesen worden ist.

Müller untersucht, im Anschluss an das über den englischen Process Mitgetheilte, den Fall, wenn der Siliciumgehalt und der Gehalt an Mangan unter die für den deutschen Process von ihm berechnete Grenze von ca. $1{,}5/_{00}$ heruntergehen sollte, und wenn dabei gleichzeitig eine hohe Anfangstemperatur innegehalten würde.

Es folgt daraus, dass dann die letzte Siliciumverbrennung ganz ausfällt, wenn die Verminderung des Gehalts bis zu einem gewissen Grade gelangt ist (nach Müller $0{,}8/_{00}$).

Es entsteht dann der vollkommenste Bessemerprocess, der „schwedische", in dessen Verlauf der Siliciumgehalt die Temperatur der Charge auf Stahlschmelzhitze steigert, und welcher auch in Frankreich (Terrenoire und Givors, sowie a. a. O.) praktisch durchgeführt wird.

Müller hat in einem kleinen Diagramm (Seite 7 seiner Abhandlung) die Temperaturcurven der drei Processe vereinigt und als Endtemperaturen 1640, 1730 und 1800 für den bezw. englischen, schwedischen und deutschen Process ermittelt.

Die Schlacken des Bessemerprocesses.

§ 197. Die Schlacken des Bessemerprocesses sind vorzugsweise Manganschlacken, mindestens bestimmt die Gegenwart des Mangans die hauptsächlichsten physikalischen Eigenschaften der Bessemerschlacken. Die Silikatstufe wechselt mit dem Siliciumgehalt des Roheisens, aus welchem die Charge geblasen wurde, da angenommen werden kann und muss, dass die etwaige Säurezufuhr aus den Converterwänden eine ziemlich gleiche sein wird.

Die Bessemerschlacke ist ihrer Zusammensetzung nach irrelevant für den Process, und man kann ihr nicht die gleiche Wichtigkeit beilegen, wie z. B. der Hochofenschlacke. Dennoch bieten ihre äusseren Eigenschaften, besonders aber deren Veränderung im Verlauf der Charge werthvolle Merkmale

für die Beobachtung dieses Verlaufs, so dass man die Schlackenspiessprobe vielfach bei den saueren Converterprocessen zur Anwendung bringt.

Die Schlacke ist, rasch abgekühlt, vorwiegend amorph, glasig, dabei nicht durchsichtig und auf dem Bruch von theils grüner, theils gelblicher und bräunlicher, doch stets heller Farbe.

An der Aussenseite dagegen zeigt sie eine durchaus andere Farbe, eine vom Nussbraunen bis zum Blauschwarzen sich hinziehende Farbenscala durchlaufend, während der Process voranschreitet und schliesslich zu Ende geht.

Diese stets gleichmässig sich verändernde Aussenfärbung macht sich besonders deutlich bemerkbar, wenn ein breites Eisen in die Schlackendecke und den umgelegten Converter eingeführt und wieder herausgezogen wird.

Es hat sich dann eine Schale von Schlacke angesetzt, die beim Abkühlen in flachen Scherben abfällt und aussen die oben erwähnten braunen Glasuren zeigt, während Bruchfläche und Unterseite durch helle Färbung damit contrastiren.

Je weiter das Dunkelwerden der Glasur vorangeschritten ist, um so mehr ist auch die Entkohlung vorangeschritten, und bei dem nahezu entsilicirten Produkt des englischen Bessemerprocesses kann man fast genau nach der Färbung der Schlackenhaut den Kohlenstoffgehalt und damit die Classe des in dem Bade augenblicklich befindlichen Produkts feststellen.

Auf einzelnen Werken, z. B. Seraing, sind zeitweilig kleine Sortimente aufgekitteter Schlackenscherben in Gebrauch gewesen, um die Arbeiten zu leiten, und haben mehr genutzt als die spektroscopischen Beobachtungen.

Bei dem deutschen Bessemerprocess entspricht das Aussehen der Schlacken natürlich weniger genau der Stahlqualität, da die Entsilicirung nach dem Schluss der Entkohlung noch weiter geht und die Schlackenqualität in durchaus anderer Weise verändert als bei dem englischen Process. Bei dem letzterwähnten wird die Schlacke stets basischer, während sie beim deutschen Process folgerichtig saurer werden müsste; mindestens bleibt die Silikatstufe der ersteren hinter der der anderen Schlacke zurück.

Die Spiessprobe hat deshalb für den deutschen Process nicht den gleichen Werth wie für den englischen und für den schwedischen Process; trotzdem ist sie mannigfach angewandt worden, um anfänglich sich zu orientiren.

Die letzten Stadien zeigen metallisch glänzende Oberflächen und die ganze fortschreitende Erscheinung macht überhaupt den Eindruck einer mehr und mehr hervortretenden oberflächlichen Oxydation der Schlackenbasen zu Verbindungen vom Typus des Magneteisens.

Diese Vermuthung wird bestätigt durch die von Müller hervorgehobene Eigenschaft der amorphen Schlacke, sich sehr leicht zu oxydiren; das Pulver derselben wird schon vor eintretender Glühhitze in der Luft schnell schwarzbraun, natürlich unter Gewichtszunahme.

§ 198. Lässt man die Schlacke langsam erstarren, so wird sie krystallinisch, selbst deutlich krystallisirt. Schon Müller in seinen „Studien" hebt hervor, dass Bruchstücke oft wenig an eine Schlacke erinnerten, sondern eher für ein dem Melaphyr ähnliches Eruptivgestein gelten könnten, wobei der Bruch zuweilen 1 cm grosse Partieen ausgebildeter Krystalle mit spiegelnden Spaltungsflächen zeige.

Das Pulver der krystallinischen Schlacke erwies sich unter dem mit Polarisationsapparat versehenen Mikroscop als ein Gemisch von durchscheinenden, doppeltbrechenden Krystallfragmenten, untermischt mit nicht durchsichtigen amorphen Theilchen. Salzsäure greift das Gemisch nur theilweise an, indem sie die amorphe Verbindung löst, welche zwischen den Krystallen gelagert war.

Nach längerer Digestion mit heisser Salzsäure und darauffolgendem Schlämmen erscheint das Pulver unter dem Mikroscop als reines Krystallmehl.

Diese Beobachtungen Müller's werden durch spätere Untersuchungen von Dr. Vogt in Christiania sowohl bestätigt, als in ihrer innersten Ursache erklärt (Beilage zu den Verhandlungen der schwedischen Akademie der Wissenschaften, Bd. 9, 1. 1884).

Die krystallisirten Schlacken treten bei dem englischen und bei dem schwedischen Process weit deutlicher auf als bei dem deutschen, und hat man in Folge dessen sowohl da, wo nach englischer Chablone gearbeitet wurde und noch wird, als auch da, wo das schwedische Verfahren zur Ausführung kommt, sehr häufig eine ausgebildetere Krystallisation beobachtet, als sie von Dr. Müller erwähnt wird.

Sowohl Form als Farbe und optisches Verhalten dieser Krystallsubstanz, als auch ihre chemische Zusammensetzung ergaben die Gewissheit, dass man es mit künstlichem Manganbisilikat, Rhodonit, zu thun hat, welcher natürlich mehr oder minder thonerde- und eisenhaltig erscheint und ausserdem Einschlüsse, theils von glasigem Singulosilikat, theils von Magnetoxyd, enthält.

Die Untersuchungen Vogt's, welche den ganzen Kreis der Schlacken überhaupt umfassten, betrafen wesentlich nur eine Bessemerschlacke, da die Hochofenschlacken das grösste Interesse beanspruchen mussten.

Die Zusammensetzung derselben war nach Dr. Tamm:

SiO_2	42,85	
Al_2O_3	3,94	
CaO	0,70	
MgO	Sp.	
MnO	36,83	
FeO	15,63	
P_2O_5	0,015	99,955

Sowohl die ausgebildeten, bis 2 cm grossen Krystalle des zur Untersuchung benutzten Stückes (Westanfors 24. September 1874 erblasen) als auch die aus der übrigen derben Masse hergestellten mikroscopischen Präparate zeigten die dem Rhodonit entsprechenden Krystallformen, und da auch Hochofenschlacken (Hofors und Plons in Frankreich) bei hinlänglichem MnOgehalt das Vorkommen von Rhodonit erkennen liessen, so konnte Vogt feststellen, dass Rhodonit sich in Bisilikatschlacken immer bildet, wenn mehr MnO im Verhältniss zu den übrigen Basen (CaO, MgO, FeO) vorhanden ist, als dem Verhältniss $MnO : 0,9\ RO$ entspricht, dass bei Abnahme von MnO sofort Gemische von Rhodonit mit Augit entstehen, welche bei noch weiterem Zurücktreten des MnO allmälig in Augite übergehen. Für die Schlacken des Bessemerprocesses haben die letzthervorgehobenen Veränderungen keine besondere Bedeutung, da solche Schlacken in einem Converterprocess zu strengflüssig sein würden.

§ 199. Bezüglich der sonstigen Zusammensetzung der Bessemerschlacken folgen noch die nachstehenden Angaben.

Bei der im § 183, S. 269 besprochenen Neuberger Charge hat Kupelwieser auch die Schlacken, welche jeder Probenahme von Eisen entsprechen, untersucht und gefunden:

	in der Hochofenschlacke	in der Bessemerschlacke von Probe II	III	IV	V
SiO_2	40,95	46,78	51,75	46,75	47,25
Al_2O_3	8,70	4,65	2,98	2,80	3,45
FeO	0,60	6,78	5,50	16,86	15,43
MnO	2,18	37,00	37,90	32,23	31,89
CaO	30,36	2,98	1,76	1,19	1,23
MgO	16,32	1,53	0,45	0,52	0,61
KaO	0,18	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.
NaO	0,14	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.
S	0,34	0,04	Sp.	Sp.	Sp.
P	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01

Die Endschlacke ist wie die zugehörige Metallprobe nach dem Eintragen von 108 Kilo Spiegeleisen entnommen worden.

Man ersieht aus der nach und nach sich vollziehenden Veränderung in der chemischen Zusammensetzung, dass der Eisengehalt allmälig steigt, während die Menge des Mangansilikats ziemlich unverändert bleibt. Kalk und Magnesia erscheinen in unerheblicher Menge, noch mehr treten die Alkalien zurück; dagegen ist das Verhalten der Thonerde bemerkenswerther.

Anfänglich, wahrscheinlich in Folge starker Corrosion des Futters, steigt der Thonerdegehalt der Converterschlacke auf $4{,}65/_{00}$ und fällt dann durch die absolute Zunahme der Schlacke, ohne dass die Corrosion in gleichem Maasse sich fortgesetzt hätte, bis auf etwas mehr wie die Hälfte herab, um schliesslich nach Hinzufügen des Spiegels und eingetretener Verminderung der Schlacke durch Reduktion von Metalloxyden, vielleicht auch durch corrodirende Wirkung des neugebildeten MnO wieder auf ca. $^3/_4$ der ursprünglichen Höhe zu steigen.

Kerl (Eisenhüttenkunde, S. 389) stellt noch nachstehende ältere Untersuchungen und Schlackenanalysen zusammen:

	SiO_2	Al_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	KaO NaO	S	P_2O_5	Mn
Schlacke von Reschitza .	59,05	4,11	8,80	26,00	2,01	0,40	Sp.	0,03	0,023	—
Englische Schlacke, schön krystallisirt, bei Stahl von 1,05 C erhalten .	46,700	4,246	15,632	32,367	0,481	0,172	—	—	—	—
Endschlacke Fagersta .	44,300	10,85	19,45	24,55	0,68	0,45	—	—	—	—
Schlacke Seraing . . .	—	—	—	—	19,40	—	—	0,40	3,32	76,88
Krystallisirte Schlacke von Hörde	44,73	—	20,59	32,74	1,53	0,17	—	—	—	—
Andere schwed. Schlacke	46,70	4,24	15,63	32,37	0,48	0,17	—	—	—	—

Unter diesen verdient die Schlacke von Seraing besondere Erwähnung, weil durch den hohen Kalk- und Mangangehalt derselben eine namhafte Menge von P_2O_5 in die Schlacke zurückgehalten worden ist. Diese Schlacke erscheint somit als eine Art Uebergang zur Thomasschlacke.

§ 200. Bemerkenswerth als Ausnahmeverhältnisse sind die von King untersuchten Schlacken eines mit manganarmem Roheisen ausgeführten amerikanischen Processes, Bethlehem Works, Pa. (Transactions of the American Institute of Mining Engineers IX, p. 258).

Der Process verlief im Ganzen etwas heisser als der normale englische Process, da die Kohlenstoffverbrennung ein wenig früher anfing; von einer sehr hohen Temperatur, wie Ledebur (Eisenhüttenkunde, S. 922, Anmerkung 1) anführt, kann hier nicht die Rede sein. Das 2,39/₀₀ Silicium enthaltende Eisen wurde zwar etwas überhitzt in den Converter gelassen, dennoch reichte die Anfangstemperatur zum sofortigen Eintritt der Kohlenstoffverbrennung nicht aus und sank jedenfalls durch den bald sich bemerklich machenden Einfluss der sehr sauren Schlacke.

Die Schlacke enthielt	nach 8 Min.	15 Min.	17 Min.	18 Min.	nach dem Spiegelzusatz
SiO_2	62,64	73,26	75,66	61,30	64,16
Al_2O_3	7,98	4,51	5,18	4,26	5,76
FeO	1,89	0,00	0,00	13,44	13,89
MnO	15,77	11,82	10,92	10,78	12,80
CaO	0,65	1,11	0,96	0,74	0,74
MgO	0,51	0,64	0,36	0,28	0,23
Mechanisch eingemengtes Eisen	10,54	8,71	7,69	9,16	2,40

Ueber die äussere Beschaffenheit der Schlacken wurden besondere Details nicht mitgetheilt.

§ 201. Schlacken des schwedischen Processes sind noch vom Eisenwerk Sandviken bekannt und durch Tamm (Iron XIV, S. 3) publicirt worden.

Dieselben zeigen nachstehende Zusammensetzung:

	nach 3	6	8 Minuten
SiO_2	53,44	57,80	55,76
Al_2O_3	1,84	1,94	1,58
FeO	20,24	17,04	18,48
MnO	23,90	22,80	22,23
Erden	0,44	0,46	0,39

Die Untersuchung der Endschlacke fehlt leider, Vorstehendes genügt aber, um im Allgemeinen die Uebereinstimmung dieser Schlacken mit den im § 199 erwähnten anderen Schlacken aus Schweden zu charakterisiren.

Es sind saure, dem Charakter des Rhodonits sich nähernde Schlacken mit einem geringen Ueberschuss von SiO_2, der vermuthlich durch die Thonerde gebunden ist oder als Augiteinmengung, also in noch saurerer Verbindung, erscheint.

		SiO_2		RO	
Im Rhodonit von Westanfors	standen sich	42,85	und	52,5	gegenüber,
in der von Kerl erwähnten englischen Schlacke	„ „	46,70	„ „	48,0	„ „
in der von Kerl erwähnten Hörder Schlacke	„ „	44,73	„ „	53,3	„ „
in der Schlacke von Sandviken	„ „	{53,44 / 57,80}	„ „	{40,0 / 39,8}	„ „

§ 202. Durchaus abweichend verhält sich die Schlacke des deutschen Bessemerprocesses; wegen des Rückhalts an Silicium im Endprodukt und der stärkeren Metallverbrennung erscheint sie als ein Gemenge von Rhodonitschlacken und Metalloxyden.

Darauf weist auch die von Müller besonders studirte Oxydabilität dieser Schlacke, sobald sie nicht krystallinisch oder gar krystallisirt ist, hin.

Eine Schlacke aus Osnabrück, allerdings einer Charge mit abnorm gesteigerten Eruptionen entnommen, zeigte nach Müller's Analysen:

	in zwei Proben		im Mittel
SiO_2	43,86	43,60	43,73
MnO	45,52	45,31	45,41
FeO	9,07	9,01	9,04
Al_2O_3	2,06	1,92	1,99
CaO	Sp.	Sp.	—
	100,51	99,84	100,17

Da $MnSiO_3$ aus 45,8 SiO_2,
54,2 MnO besteht,
da ferner $FeSiO_3$ aus 45,4 SiO_2,
54,6 FeO besteht,
so ist die untersuchte Schlacke noch etwas basischer als ein Bisilikat und kann als Rhodonitschlacke nicht angesehen werden, wenn auch vielleicht die Schlacke kein geschlossenes Bisilikat, sondern ein Gemisch von Bisilikat mit dem oben erwähnten Gemenge ist.

Müller theilt noch zwei Analysen mit, von welchen die eine eine hellbraune, mit Salzsäure langsamer aufschliessbare Schlacke betrifft, die andere eine krystallinische Schlacke. Es enthielten:

	die hellbraune Schlacke	die krystallinische Schlacke
SiO_2	53,5	52,7
MnO	36,5	38,2
FeO	6,7	6,2

Aus den überhaupt hier gegebenen Schlackenuntersuchungen des Bessemerprocesses geht hervor, dass die Schlacken vorwiegend Mangan- und Eisensilikate sind, denen sich relativ minimale Mengen von Erden und Alkalien aus dem Converterfutter zugesellen.

Die Silikatstufe anlangend, so ist wohl eine durchgängige Gleichmässigkeit der Schlacken nicht anzunehmen, und sowohl die beobachteten Krystallisationen der saureren als auch die Oxydabilität der basischeren Schlacken des Converters weisen auf eine Constitution hin, die complicirter ist als die eines blossen Silikats.

Es mengen sich wahrscheinlich unter den Rhodonit einerseits Augite, also saure Silikate, andererseits Singulosilikate und Oxyde von der Form $\left.\begin{matrix}R_2\\R\end{matrix}\right\} O_4$ (wie dies eine vorläufige mikroscopische Untersuchung einer Hörder Schlacke durch Arzruni und den Verfasser schon deutlich ergeben hat).

Die Gase des Bessemerprocesses.

§ 203. Die Gase, welche aus der Mündung des Converters hervorbrechen und die Flammenerscheinung bilden, sind ebenfalls wiederholten Untersuchungen unterzogen worden, doch haben diese Untersuchungen, abgesehen von der Bestätigung der Ansichten über den Gang des Verfahrens, keine weiteren Erfolge oder praktisch werthvolle Resultate gehabt.

Die ersten Versuche sind von Snelus angestellt worden (Chemical News, Band 24, S. 159; danach Wagner's Bericht 1872 u. a. a. O.) und wurden veranlasst durch die Roscoe'schen Untersuchungen des Spektrums der Bessemerflamme.

Snelus fand in den Gasen der Retorte:

	2 Min.	4 Min.	6 Min.	10 Min.	12 Min.	14 Min.
	nach dem Beginn des Blasens					
CO_2	10,71	8,57	8,20	3,58	2,30	1,34
O	0,92	—	0,00	0,00	0,00	0,00
CO	0,00	3,95	4,52	19,59	29,30	31,11
H	88,37	0,88	2,00	2,00	2,16	2,00 (?)
N		86,58	85,28	74,83	66,24	65,55

Zu diesen Bestimmungen ist zu bemerken, dass die Stickstoffmengen durch Rechnung gefunden wurden, und dass die anderen Bestimmungen nach verschiedenen Methoden gemacht worden sind.

Das Hauptresultat der Untersuchungen ist die Einsicht in den Gang der Kohlenstoffverbrennung, welche anfänglich Kohlensäure, gegen das Ende aber Kohlenoxyd in vorwiegendem Maasse liefert.

Die von Snelus hinsichtlich der eventuellen Verwerthung der COreichen Gase gemachten Andeutungen haben keine weite Folgen gehabt; die von Brown, Bailey und Dixon in Sheffield einige Zeit lang betriebene Erhitzung des Gebläsewindes mittelst der Convertergase dürfte wohl der einzige praktische Versuch gewesen sein, die in den Gasen vorhandene sowie die durch ihre Verbrennung entstandene Wärme auszunutzen.

Die ganze constructive Eigenthümlichkeit, die strenge Disposition der Bessemeranlagen, die Raschheit und Energie des Processes machen es nicht möglich, besonders wirksame Einrichtungen zur Gasgewinnung und -verwerthung anzuschliessen und einzuschalten.

Auch der obige Fall, die Winderhitzung, bietet nur eine mangelhafte Aussicht, die Wärme des Processes wieder zu gewinnen, und es wird jedenfalls nur ein minimaler Theil der letzteren dem Process wieder zugeführt.

Es ist auch nur ein im Verhältniss zu der Wärmeanhäufung im Bade selbst nicht sehr erheblicher Theil, welcher durch das Maul des Converters entweicht und als Verlust zu registriren ist. Verluste, die zu vermeiden oder auszugleichen mehr Kostenaufwand erfordert, als die Ziffer des Verlustes selbst beträgt, soll man ruhig als unvermeidlich ertragen und ihr Vorhandensein nicht gleich zu technischen Unvollkommenheiten oder Fehlern aufbauschen.

§ 204. Eine umfänglichere Arbeit über die Gase des Bessemerprocesses lieferte Tamm, welcher den Betrieb von Westanfors während zweier Operationen in je vier verschiedenen Perioden desselben untersuchte.

Der anfänglich 0,89 m weite Converter war am Boden 1,04 m, in 0,297 m aber 1,485 m weit geworden und berechnete sich hieraus die Tiefe des 2550 Kilo schweren Metallbades auf ungefähr 0,3 m; die Düsenzahl war 40, mit 0,012—0,015 m Drchm. Die Gase wurden in Glasröhren aufgefangen, welche man dann an beiden Enden zuschmolz; weitere Details über die Probenahme gibt die Quelle. Bemerkenswerth für den Verlauf des Processes sind einige an den Gasen oder der Gasansammlung beobachtete Erscheinungen.

So führten die Gase am Anfang Kohlenstoff mit, der in feinvertheiltem Zustande sich im Glasrohre in geringer Menge während des Nehmens der beiden ersten Proben in jeder der zwei Versuchsreihen absetzte. Auch ein Wasserbeschlag wurde bemerkt.

Als im späteren Operationsverlauf volles Kochen eingetreten war, entwickelte sich ein heller Rauch, der bei den zwei letzten Proben der beiden Serien als ein hellbraunes Pulver im Auffangrohre sich absetzte, in Probe 4 bedeutender als in Probe 3.

Dieses später von Brusevitz analysirte Pulver enthielt:

SiO_2	17,92
Al_2O_3	2,08
Fe_2O_5	15,55
MnO	61,61
MgO	0,25
CaO	0,60

Die Oxydationsstufen der Metalle in diesem Pulver konnten nicht direkt, nur durch Folgerung aus der qualitativen Untersuchung (s. unten) bestimmt werden, ebenso war eine erkennbare minimale Menge Kohlenstoff nicht quantitativ zu ermitteln gewesen. Die erste Probeserie stammte von einer mit A bezeichneten Operation, die 27½ Minuten dauerte; das Roheisengewicht betrug 60 schwedische Centner à 51,04 Kilo. Die zweite Probeserie wurde von einer Schmelzpartie B genommen, die 64 schwedische Centner behandelte und nur 22 Minuten dauerte.

Es ergaben die Proben nachstehende Zusammensetzungen:

Probennummern	Zeitpunkt nach Beginn der Operation Minuten	Volumprocente					Es sind gefunden für 100 Th. Gebläseluft		
							in den Gasen		in Verbindung mit fixen Stoffen
		O	CO_2	CO	H	N	C	O	O
A 1	3—5	4,762	9,127	0	0	86,111	3,5	14,1	9,1
A 2	9—10	1,699	5,998	17,555	0,908	73,840	10,5	19,5	4,2
A 3	21—23	0,967	4,856	19,322	1,120	73,735	10,8	18,3	5,5
A 4	26—27	0,550	1,853	14,311	1,699	81,587	6,5	10,2	13,9
B 1	2—3	7,256	6,608	0	0	86,136	2,5	14,1	9,1
B 2	8—10	1,296	5,613	15,579	1,112	76,400	9,1	16,8	7,0
B 3	12—15	0,980	4,144	25,580	1,040	68,256	14,3	22,9	0,9
B 4	17—19	1,318	2,995	25,606	1,120	68,961	13,6	21,7	2,2

Die Resultate sind im Ganzen mit den von Snelus erhaltenen gleich, nur ist die Gegenwart freien Sauerstoffs auffallend, welcher bei Snelus nur in den ersten Proben auftritt. Tamm sucht dieselbe dadurch zu erklären, dass die Tiefe des Roheisenbades im Gegensatz zur durchströmenden Windmenge nur klein war, so dass unverbrauchte Luft bis zur Badoberfläche mit durchdringen, dort theilweise das Kohlenoxyd zu Kohlensäure verbrennen, theilweise aber noch frei zur Retortenmündung ausströmen könne.

Die weiteren Folgerungen Tamm's auf den Luftverbrauch etc. können übergangen werden (Jern Kontorets Annaler 1873, 5. Heft).

Verlauf und Theorie des basischen Processes oder des Thomasirens.

§ 205. Nachdem von verschiedenen Seiten der Vorschlag gemacht und die Anregung gegeben worden war, basisches Futter in Convertern und Oefen einzubauen und dadurch Schlackenverhältnisse hervorzurufen, welche eine möglichst vollkommene Entfernung auch des Phosphors gestatten würden, gelang es den Engländern Thomas und Gilchrist zuerst, ein brauchbares basisches Material herzustellen und damit die Lösung der Futterfrage möglich zu machen.

Die Schwierigkeit lag in zwei verschiedenen Punkten, wie dies auch die spätere Praxis deutlich bewiesen hat. Der erste schwierige Punkt war die Entgasung des Kalks, bezw. Dolomits durch Brennen, mit der Maassgabe, dass der einmal entgaste Kalk oder Dolomit eine gewisse Zeit hindurch den entgasten Zustand behielt und nicht sofort wieder Kohlensäure aufnahm. Erst nachdem man auf den Gedanken verfallen war, den Kalk, bezw. Dolomit oder die daraus hergestellten Produkte in sehr hoher Hitze zu brennen, sie gewissermaassen todtzubrennen, erreichte man das gewünschte Ziel.

Der zweite Punkt, welcher Schwierigkeiten verursachte, war die Erreichung einer hinlänglichen Plasticität, um das basische Material in den Converter einstampfen, bezw. einstreichen zu können. Es musste ein Bindemittel gefunden werden, welches die chemische Qualität und die Feuerbeständigkeit des basischen Materials nicht alterirte. Als solches hat sich nach Verwerfung mannigfaltiger Vorschläge der Theer herausgestellt, dessen Anwendung in gewissem Maasse allen Anforderungen genügt, und welcher während des Anwärmens der Retorte und während des Betriebs vercokt, ohne ein Zerfallen des Futters zu veranlassen.

Diesen beiden praktischen Punkten gesellten sich nach den ersten Ausführungen im Grossen noch einige mehr theoretische hinzu, unter welchen besonders die Entdeckung oder Erfindung des Ueberblasens in erster Reihe zu nennen ist, ferner die Wahrnehmung, dass zwischen dem Silicium- und dem Phosphorgehalt des Rohmaterials ein ganz bestimmtes Verhältniss herrschen müsse, um einen nicht zu hohen Kalkzuschlag zu verursachen.

Das Ueberblasen, d. h. die Entfernung des Phosphors durch ein über den Punkt der vollkommenen Entkohlung hinaus fortgesetztes Blasen, wurde schon im Frühjahr 1879 auf der Stahlhütte zu Eston als nothwendig constatirt, während man nach dem Vorgang der Entphosphorungen von Bell, Krupp u. A. geglaubt hatte, den Phosphor vor der Entkohlung, neben oder hinter der Entkieselung entfernen zu können.

Die Höhe des Phosphorgehalts erwies sich bei weiterer Verbreitung des Processes ebenfalls als durchaus wichtig und in zweierlei Richtung: einmal an sich als Wärmeproducent, das andere Mal im Gegensatz zum Kieselgehalt des Roheisens und der basischen Materialien (der Dolomite).

Die Schlacke des Processes musste, um die Phosphorsäure festzuhalten, so kieselsäurearm sein, dass siliciumreichere Roheisensorten von vornherein ausgeschlossen werden mussten, wollte man nicht die Zuschlags- und Schlackenmenge bis ins Unmögliche vergrössern. Um aber den Process hinlänglich warm zu haben, musste bei Abnahme des zulässigen Siliciumgehalts ausser durch heissestes Einschmelzen noch hauptsächlich durch Steigerung des Phosphorgehalts im Roheisen auf Ersatz der fehlenden Verbrennungswärme des Siliciums hingearbeitet werden.

Daraus ergab sich das anfänglich verblüffende Faktum, dass phosphorreiche Roheisensorten sich besser entphosphoren liessen als phosphorarme, und dass den letzteren Phosphoreisen zugesetzt werden musste, um sie thomasiren zu können.

§ 206. Diese überraschenden neuen Thatsachen, in Verbindung mit dem allgemeinen Aufsehen, welches das endliche Gelingen der Entphosphorung überhaupt machen musste, haben eine sehr rege literarische Thätigkeit hervorgerufen, an welcher die verschiedensten Autoren sich betheiligten.

Die Phasen der Entwickelung des neuen Processes verliefen allerdings viel rascher als bei der Einführung des Bessemerns; die Erlernung und Vertrautheit der Converter- und Giessmanipulationen waren ja bereits vorhanden, und die Schwierigkeiten bestanden wesentlich in der Herstellung feuerfester basischer Futter und in der Ermittelung des gegenseitigen Verhältnisses, in welchem die Nebenbestandtheile des Roheisens zu einander stehen müssten, um ein gedeihliches Resultat zu geben. Mit letzteren gingen Hand in Hand die Versuche der Hochöfen, Thomaseisen von möglichst vortheilhafter Zusammensetzung zu erblasen.

Während die erste Mittheilung, für das 1878er Pariser Meeting des Iron and Steel Institute bestimmt, noch zurückgelegt werden musste, konnten die Gäste des nächsten Frühjahrsmeetings 1879 bereits den Betrieb zu Eston sehen und das Ueberblasen kennen lernen. In demselben Jahr begannen die Versuche zu Hörde und Ruhrort, zu Witkowits, Teplitz u. a. a. O., und die Düsseldorfer Ausstellung 1880 kann als die erste öffentliche Schaustellung der Resultate eines abgeschlossenen Versuchsstadiums und als das Zeugniss für den Eintritt in die Sicherheit eines fortgesetzten Betriebes gelten. Auf dem in Düsseldorf abgehaltenen Meeting des Iron and Steel

Institute machte Direktor Massenez die erste officielle Mittheilung über die Betriebsresultate des Hörder und der Ruhrorter Werke.

In dieser Mittheilung war bereits die von Dr. F. Müller in Brandenburg untersuchte Charge vom 31. December 1879 besprochen, welche in eigener Bearbeitung allerdings erst in der ersten Octobernummer von Glaser's Annalen erschien, nachdem der Vortrag von Massenez viel früher seinen Weg in die Oeffentlichkeit gefunden hatte, und nachdem schon in Berichten der österreichischen Commission (Kärnthner Zeitschrift, Mai-Juni 1880) die Analyse angeführt worden war, nicht immer mit Nennung des Namens des hochverdienten Chemikers (s. weiter unten).

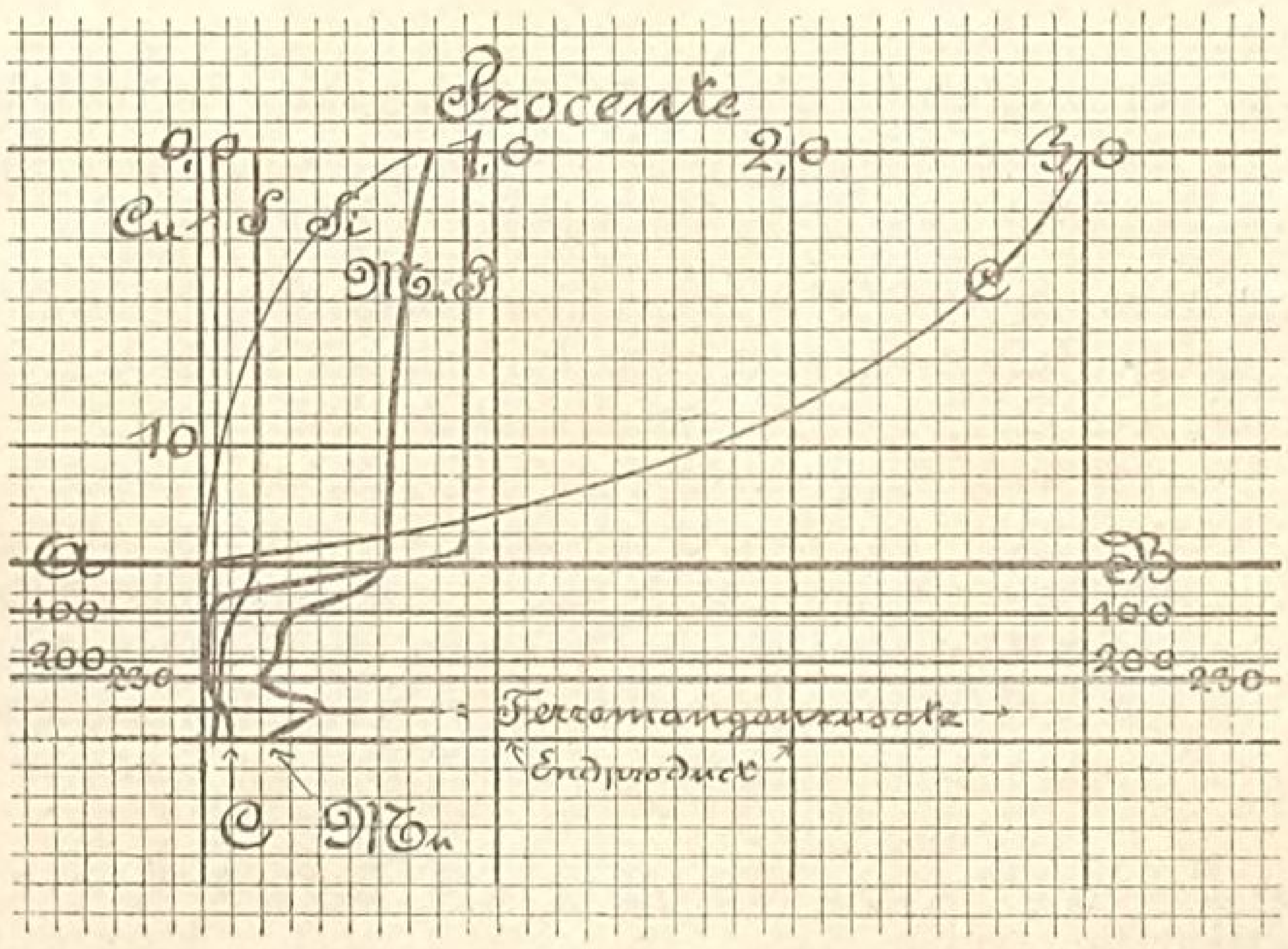
Ausführliche Studien über den basischen Process von J. v. Ehrenwerth erschienen in der Oesterreichischen Zeitschrift 1880 und 1881, später als Separatabdruck herausgegeben. Vorher schon hatte derselbe Verfasser eine Reihe „Abhandlungen" zum gleichen Thema veröffentlicht, welche durch jene „Studien" bedeutend vervollständigt wurden.

Von Interesse darin waren die calorischen Speculationen über die Einschmelzwärme und Kalkzuschläge bei verschiedenem Kiesel- und Phosphorgehalt des Roheisens, Speculationen, welche der Verfasser dieses in einem Vortrag vor dem Aachener Bezirksverein diagrammatisch aufgezeichnet mittheilte. Ebenso wie die Wärmeverschiebungen sind noch bemerkenswerth v. Ehrenwerth's Untersuchungen über den Verbindungszustand des Phosphors in den Schlacken des Processes.

Neben diesen zusammenfassenden Studien erschienen eine Reihe von Einzelmittheilungen und Notizen, besondere Gesichtspunkte ökonomischer, construktiver und technischer Natur vereinzelt behandelnd, die übergangen werden können — bis endlich eine amtliche Untersuchung zweier Chargen angeordnet und durchgeführt wurde, veranlasst durch Einsprüche bei dem Patentertheilungsverfahren. Hofmann und Wedding, von der Patentcommission deputirt, beobachteten zwei Chargen, in Hörde und in Ruhrort, und liessen in ihrer Gegenwart Proben nehmen, welche in Berlin durch Finkener auf das Sorgfältigste untersucht wurden. Die Publication der Resultate erfolgte 1883 in den Mittheilungen aus den Königl. Technischen Versuchsanstalten und stellte zuerst ein bei grösster Zuverlässigkeit absolut vollständiges Bild des Chargenverlaufs dar.

Im Folgenden sollen, ohne den Verlauf des Processes, der ja äusserlich wesentlich derselbe ist wie beim saueren Verfahren, besonders und für sich zu schildern, eine Reihe der zuverlässigsten Untersuchungen besprochen und die entsprechenden Diagramme sowie die nothwendigsten Betriebsdetails mitgetheilt werden.

§ 207. Abgesehen von den ersten Mittheilungen aus Eston (Frühjahr 1879) und Hörde (Spätherbst 1879), welche noch zum Theil auf der Untersuchung eines nicht vollständig abgerundeten und flüssigen Betriebs beruhten, dürfte die Untersuchung einer Studiencharge, welche im österreichischen Commissionsbericht erwähnt wird, die älteste sein. Kupelwieser berichtet in seinen Studien über den Thomasprocess (Oesterreichische Zeitschrift 1880) über diese Charge, welche die Nummer 9634 trug, deren eigentliches Datum indessen nicht zu eruiren war, im Wesentlichen das Folgende.



Man benutzte zur Abführung der 4200 Kilo schweren Charge ein halbirtes Puddlingsroheisen älterer Erzeugung, welches sich im Puddelofen nur schlecht verarbeiten liess und Produkte untergeordneter Qualität lieferte.

Dasselbe wurde im Flammofen umgeschmolzen und mit 20/$_{00}$ oder 840 Kilo gebranntem Kalk verarbeitet. Während des Processes zeigte sich etwas Auswurf, und es verschwanden die Linien des Spektrums nach ca. 14 Minuten.

Die Dauer des nunmehr folgenden Nachblasens wird nicht mit nach Secunden etc. bemessen, sondern nach Touren des Gebläses, von denen regelmässig eine Tour per Secunde oder 60 Touren per Minute erfolgen; hiernach dauerte das Nachblasen einschliesslich des Halbaufdrehens des Converters 4 Minuten, die ganze Charge somit 14 + 4 = 18 Minuten. Die Entnahme von einzelnen Metallproben fand vorzugsweise in der Ueberblaseperiode statt, während ausserdem nur eine Probe des Roheisens, eine andere des Satzes nach Verschwinden der Spektrallinien (im nebenstehenden Diagramm ist durch die Linie A B der Zeitpunkt der Probenahme angedeutet) geschah.

Es ergaben:

	Roheisen-probe	Probe nach 14 Min.	Proben nach 100 des Gebläses	Proben nach 200 des Gebläses	Proben nach 230 Touren des Gebläses	Proben nach Zusatz von 170 Kilo Ferromangan	Schlussprodukt nach Halbaufdrehen des Converters
C	3,000 (?)	0	0	0	0	0,100 (?)	0,100 (?)
Si	0,750	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.
Mn	0,790	0,630	0,284	0,280	0,210	0,410	0,200
P	0,900	0,630	0,032	0,015	0,013	0,020	Sp.
S	0,200	0,190	0,104	0,060	0,048	0,020	0,019
Cu	0,068	0,080	0,083	0,084	0,083	0,084	0,084
Eisen aus der Differenz	94,292	98,470	99,479	99,561	99,646	99,366	99,597

Die vorstehenden Resultate benutzte Kupelwieser, um, trotz fehlender Schlackenanalysen, eine möglichst genaue Untersuchung der Oxydationsvorgänge und eine Windmengeberechnung anzustellen. Auch die Basicität der Schlacke wurde von ihm beachtet und als hinlänglich ausreichend zur Phosphorsäureaufnahme gefunden. Die etwas rektificirten Resultate finden sich im Diagramm S. 286 zusammengestellt und vereinigt, aus welchem hervorgeht, dass auch diese älteren Witkowitzer Chargen zu den heissen gehören, und dass die Phosphorverbrennung erst nach der Beseitigung aller anderen Substanzen mit Energie eintritt und zu Ende geführt wird.

§ 208. An den Studien des basischen Processes hat sich als einer der ersten unter den Theoretikern und in sehr bemerkenswerther Weise Dr. Müller in Brandenburg betheiligt, der eine am 31. December 1879 zu Hörde geblasene Charge untersucht, die Analysen derselben im März 1880 ausgeführt, aber erst im October desselben Jahres in einer Arbeit (Glaser's Annalen VII, Seite 273) publicirt hat.*)

Die Charge wurde damals in der nachstehenden Weise ausgeführt.

Die Ausfütterung des Converters war mit Hörder Ziegeln und Theerasphalt als Mörtel hergestellt und hielt bereits 100 Chargen aus. Die Ziegel selbst waren aus westfälischem Dolomit und einem Frittmittel geformt und gepresst, dann bei der höchsten Weissgluth gebrannt und zeigten sich als weit härter und klingender als die englischen Muster, auch zerfielen sie nicht so schnell an der Luft.

Der Converterboden wurde aus einer ähnlichen Masse um eingestellte Formen gestampft, welche nach Herausnehmen die Windzulässe frei liessen. Die Dauer eines derartigen Bodens war 12—16 Chargen, und die Hauptveranlassung zur schnellen Abnutzung war die trichterförmige Erweiterung der Windpfeifen durch Ablösen des Materials.

Das Rohmaterial des Processes war Luxemburger und Lothringer weisses Eisen mit $0{,}5/_{00}$ *Si*, $1{,}2—1{,}6/_{00}$ *P*, welches im Cupolofen sehr heiss (1400° nach Müller's Angaben) eingeschmolzen wurde. Ein Zuschlag von gebranntem Kalk, ca. $20/_{00}$ des Metalleinsatzes, wurde in den Zwischenpausen zugleich mit Cokesabfällen in den Converter geschaufelt und durch langsames Blasen zum lebhaften Glühen vorgewärmt.

Dass durch alle diese Vorbereitungen die sofortige Verbrennung des Kohlenstoffs veranlasst und der Charakter der Charge ein heisser wurde, ist selbstverständlich. Müller sah schon nach 2 Minuten die grünen Spektrallinien, welche mit der Flamme nach ca. 11 Minuten verschwanden und dadurch etwa das Ende des saueren Processes bezeichneten.

Man blies nun noch 2 Minuten weiter, wobei ein immer dichter werdender Rauch entwich und erkannte im Verlauf dieses Nachblasens, dass die Temperatur plötzlich auf 1800° stieg, die fühlbare Folge dieser vierten oder Nachblaseperiode. Das Ende des Processes musste durch Schöpfproben und Bearbeiten derselben nach erfolgtem Abschrecken geschehen, was ca. 5 Minuten in Anspruch nahm. Aus der Brucherscheinung lernt man sehr rasch die Stadien der Entphosphorung, resp. deren Abschluss erkennen.

Nunmehr wurde die Schlacke, welche meistens dickflüssig war, abgegossen und dann geschmolzenes Spiegeleisen, bezw. Ferromangan nachgesetzt, wodurch aber nur eine schwache Reaktion hervorgerufen wurde. Dann erfolgte das Ausgiessen in die wie früher mit sauerer Masse ausgekleidete Sammelpfanne.

Die Charge, welche Müller untersuchte, war mit einem Einsatz von 3400 Kilo begonnen, welchem später 40 Kilo Spiegeleisen und 30 Kilo Ferromangan zugesetzt worden sind. Das Ausbringen waren 2880 Kilo oder ca. $87/_{00}$, während der Kalkzuschlag 700 Kilo betrug.

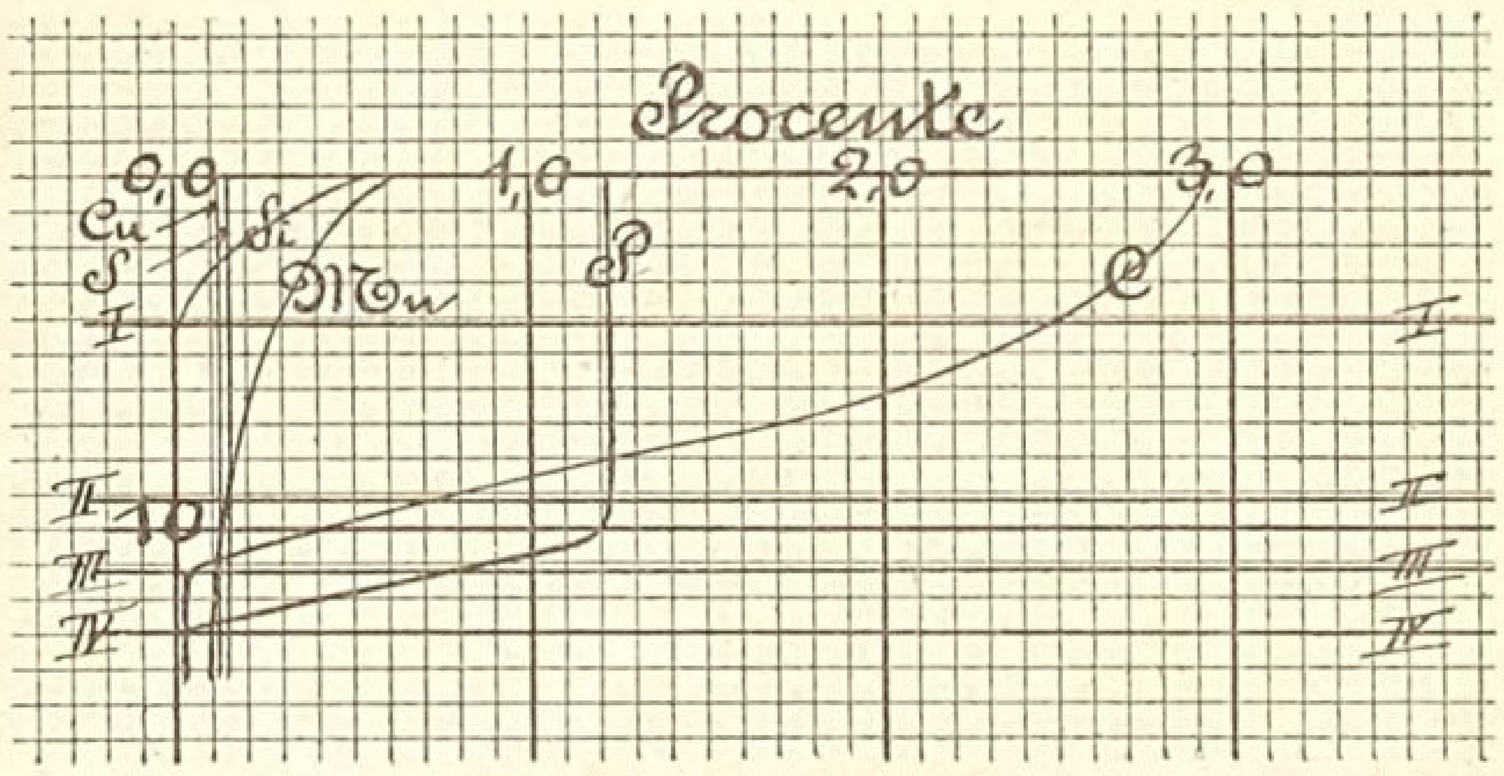
*) Diese Arbeit hat in der Literatur ein eigenthümliches Schicksal gehabt. Ihre Resultate, obwohl in den praktischen Kreisen günstig beurtheilt und demgemäss beachtet, gingen in einen Bericht von Kupelwieser über (Oesterreichische Zeitschrift 1880, S. 381), der sie mit anderen Untersuchungsresultaten parallelisirte, aber (S. 425) Dr. Müller als den Analytiker nannte, während Wedding dies in seinem Ergänzungsband zu der Darstellung des schmiedbaren Eisens unterlassen hat. Die bezüglichen Resultate wurden übrigens von dem Direktor der Hörder Werke der österreichischen Commission mitgetheilt, ehe die Müller'sche Arbeit erschien.

§ 209. Die analytischen Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

	Roheisen	Charge nach 4¼ Min.	9¼ Min.	11¼ Min.	13 Min.	Flusseisen
C	2,94	2,48	0,811	0,049	—	—
Si	{0,538 / 0,523}	0,009	0,00	0,00	—	—
P	1,22	1,25	1,32	0,786	0,021	—
Mn	0,611	0,247	—	—	0,123	—
Cu	—	0,111	—	—	0,119	—
S	0,152	0,206	0,277	0,262	0,206	0,133

Müller's Untersuchungen der Hörder Charge ergaben das untenstehende Diagramm, welches, ähnlich wie das entsprechend rektificirte Diagramm von Witkowitz, eine gleich beim Beginn der Charge eintretende rapide Kohlenstoffverbrennung zeigt, welche schon nach 11 Minuten den Gehalt des betreffenden Bestandtheils auf ein geringfügiges Minimum heruntergebracht hat. Noch ehe diese Verbrennungserscheinung und mit ihr das Spektrum zu Ende, bezw. verschwunden sind, beginnt bereits die Oxydation des Phosphors und das Ueberblasen. Dasselbe verläuft in ganz ähnlicher Weise wie bei der Charge von Witkowitz und ist in 2½—3 Minuten beendet, erfordert also etwa 1 Minute mehr, als in Witkowitz bei der verzeichneten Charge sich hat nachweisen lassen. Ganz ähnlich dem Verlauf bei letzterer ist auf dem Hörder Diagramm der Gang der Manganverbrennung; die von Müller hervorgehobene Trägheit derselben lässt sich auch hier nachweisen. Nach dem Zusatz von Ferromangan würde sich, falls Untersuchungen deshalb bekannt wären, jedenfalls auch ein abermaliges Steigen des Mangangehalts ergeben, wie bei der von Kupelwieser beobachteten und untersuchten Witkowitzer Charge.

Besonders hervorgehoben wird von Müller das Verhalten des Schwefels; es zeigt derselbe ja in der Zusammenstellung der Analysen eine Zunahme, die nur durch eine Abnahme des Eisenbades, d. h. durch einen sehr starken Eisenabbrand sich erklären lässt, da schwefelzuführende Substanzen ausser dem Bereich der Operation liegen dürften. Trotzdem figurirt die Schwefellinie als anfänglich steigende, später fallende Linie; in unserer Wiedergabe des Diagramms ist die Linie wie die des Kupfers als gleichmässig verlaufend gezeichnet, bis gegen das Ende hin dieselbe etwas abfällt. Der Manganabbrand ist durch seine Trägheit auffallend.



§ 210. Bezüglich der Entphosphorung selber hat Müller im Anschluss an seine analytischen Untersuchungen verschiedener Proben aus der Charge auch die Schlackenbildung einer eingehenden Beachtung unterworfen und dabei Nachstehendes festgestellt.

Eine eigentliche Schlacke bildet sich nach seinen Wahrnehmungen erst am Ende des Processes, denn was vorher geschöpft war, sah einige Tage wie Schlacke aus, zerfiel aber später und zeigte, dass die vermeintliche Schlacke aus einzelnen deutlich erkennbaren Kalkstücken bestand, welche von einer schwarzen gefritteten Kruste eingehüllt sind. Auch in der Endschlacke fand Müller noch deutlich erkennbare Kalkstücke. Dadurch wird die Probenahme sehr erschwert, und Müller glaubt, dass nur durch wiederholten Gebrauch des Löffels und Entnahme einer beträchtlichen Portion es möglich sei, einen ausreichend gleichmässigen Durchschnitt zu erhalten.

Die von Müller zuerst untersuchte Endschlacke enthielt

SiO_2	$13,7/_{00}$
P_2O_5	$9,75/_{00}$
Fe	$11,6/_{00}$

Da sämmtlicher Phosphor der Charge in die Schlacke gegangen sein muss, so kann man aus der Phosphormenge der Charge und aus der Phosphorsäuremenge der Schlacke die Menge der letzteren berechnen; Müller findet dafür 960 Kilo, in welchen also 110 Kilo *Fe* oder $3,2/_{00}$ des ganzen Einsatzes stecken.

Vergleicht man mit dieser Eisenmenge die in der Schlacke nach 11¼ Minuten Blasen vorhandene, für welche die Analyse $1,6/_{00}$ ergeben hatte, so erhält man nur $0,43/_{00}$ der Charge oder des Einsatzes.

Obwohl diese Resultate hinlänglich stimmten, liess Müller, um sicher zu gehen, noch bei einer zweiten Charge grössere Mengen Schlacken abschöpfen, zerkleinern und mischen; da es sich wesentlich um die Feststellung des Eisenverbrennens in der letzten Periode handelte, so wurde die erste Probe bald nach dem Verschwinden der Linien, die andere am Schluss genommen, d. h. nach bezw. 11 Minuten 55 Secunden und 14 Minuten 17 Secunden.

Die Ergebnisse waren folgende:

		Roheisen	Metall nach 11 M. 55 S.	Metall nach 14 M. 17 S.
Metall:	P . . .	1,59	0,691	0,035
	Si . . .	0,472	0,00	—
Schlacke:	SiO_2 . . .		7,39	8,36
	P_2O_5 . . .		3,93	11,55
	Fe . . .		3,16	13,9

Da der Einsatz aus 3895 Kilo weissem Roheisen bestand, 50 Kilo Ferromangan nachgesetzt wurden und 785 Kilo Zuschlagskalk gegeben worden waren, das Ausbringen dagegen 3245 Kilo = 83,2/$_{00}$ betragen hatte, so berechnete sich das Schlackengewicht auf 1227 Kilo.

In demselben stecken 170 Kilo Eisen oder 4,4/$_{00}$ des Einsatzes, von welchem aber ca. 75/$_{00}$ erst nach dem Eintreten des Ueberblasens verschwinden. Die Entphosphorung ist mithin mit einer Steigerung des Eisenabbrandes verbunden, welcher viermal so gross wird als bis zum Schluss der dritten Periode. Spätere Untersuchungen Müller's werfen auch auf diese Schlussvorgänge ein besonderes Licht!

§ 211. Eine der eingehenderen Untersuchungen des basischen Verfahrens ist die bereits § 206 angeführte des Professors Dr. Finkener in Berlin, welche mehrere Jahre nach der Entnahme der Proben in dem Jahrgang 1883, S. 28 u. ff. der Mittheilungen aus den Königl. Versuchsanstalten veröffentlicht worden ist.

Ohne die daran u. a. a. O. geknüpften theoretischen Folgerungen weiter zu berücksichtigen, sollen hier nur die beiden untersuchten Chargen in ihren Resultaten wiedergegeben und diagrammatisch dargestellt werden.

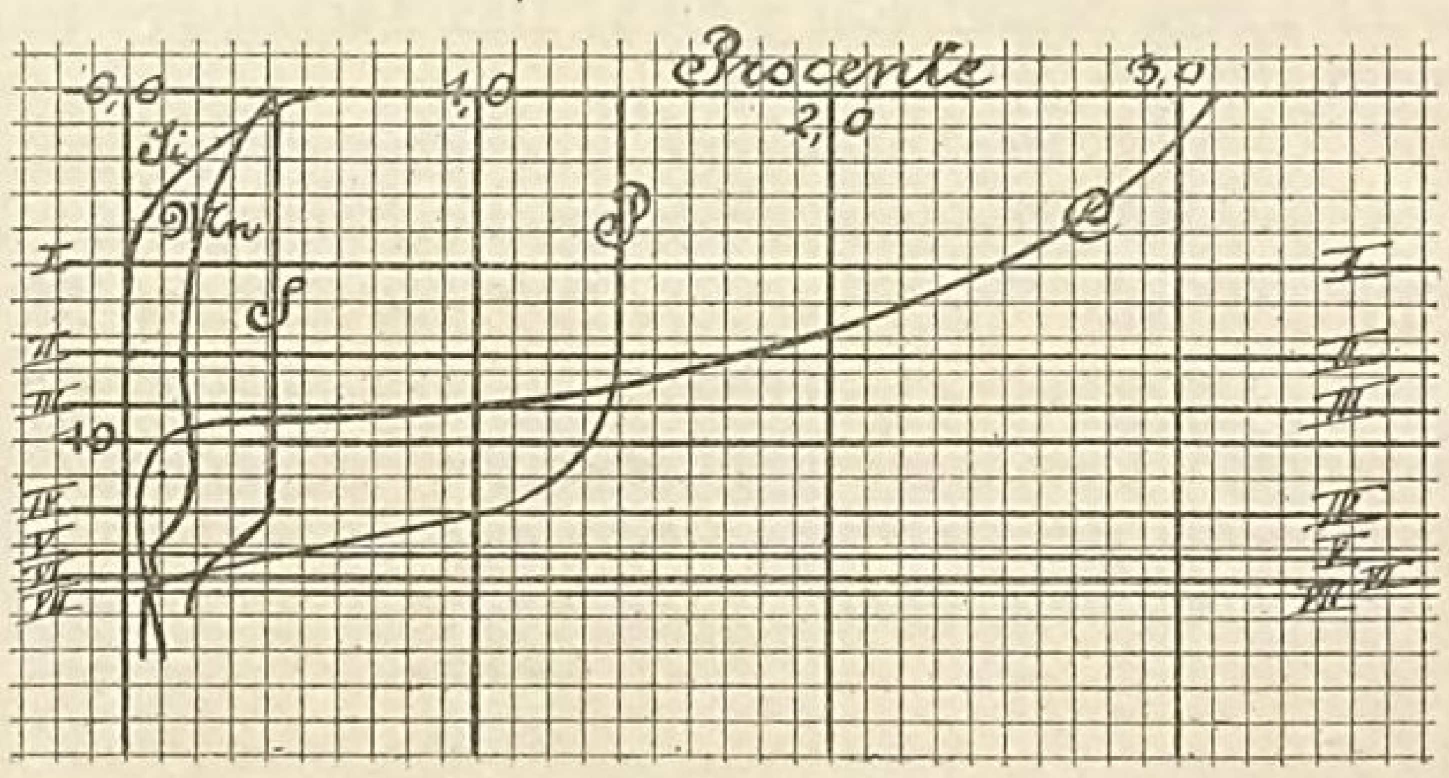
Das Hörder Werk verarbeitete zur Zeit der Finkener'schen Probenahmen ein weisses Puddeleisen aus dem eigenen Betrieb unter Zusatz eines gewöhnlichen grauen Eisens, beide hinlänglich phosphorhaltig, um den Betrieb sicher führen zu können.

Die erste Probenahme betraf das Roheisen und geschah in der Einlassrinne nach dem Einfliessen von pptr. $^1/_6$, $^3/_6$, $^5/_6$ des Roheisens. Dann erfolgten die Probenahmen nach bezw. 5 Min., 7 Min. 30 Sec., 9 Min., 12 Min., 13 Min. 15 Sec., 13 Min. 55 Sec., 14 Min. 15 Sec. Dann wurden noch Proben des Spiegels und des halbdurchgeblasenen Flusseisens, fertigen Schienenmaterials, genommen.

Die Analysen ergaben:

	Roheisen	Probe I	Probe II	Probe III	Probe IV	Probe V	Probe VI	Probe VII	Probe halbdurchgeblasen	Zusatz Spiegel-Ferromang.	Halbdurchgeblasenes Produkt
Si	0,56	0,01	0,006	0,008	0,005	0,001	—	—	0,001	0,74	0,003
C	3,12	2,51	1,73	1,19	0,07	0,03	0,08	—	0,07	4,70	0,20
P	1,398	1,442	1,40	1,354	1,069	0,524	0,132	0,066	0,046	0,13	0,067
S	0,42 0,41	0,44	0,44 0,42	0,42	0,47	0,46 0,46 0,47	0,25 0,24 0,24	0,21	0,18 0,22	0,005	0,15
Mn	0,41	0,18 0,17	0,19	0,21	0,11	0,07	0,10	0,07	0,06	8,60	0,31
Ni	0,07	0,08	0,08	0,07	0,06	0,07	0,07	0,04	0,08	0,09	0,06
Cu	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,40	0,06

Nach den vorstehenden Ergebnissen wurde das nebenstehende Diagramm entworfen, welches wesentlich so verläuft wie das der von Müller untersuchten Hörder Charge. Der Kohlenstoff beginnt sofort seine Verbrennung, und es würde unter Berücksichtigung des Eisenabbrandes, also unter Rektification der analytischen Werthe, die Kohlenstoffcurve einen noch schärferen Fall zeigen, als in dem Diagramm thatsächlich der Fall ist. Von Interesse ist jedenfalls die gleichzeitige Entkohlung und Entsilicirung auch bei dem basischen Process, und es gilt hierbei dasselbe, was Dr. Müller bereits bei den Untersuchungen des deutschen Bessemerprocesses festgestellt hat. Wie man dem gegenüber noch von einem Ausschluss der Kohlenstoffverbrennung während der Siliciumverbrennung reden kann (cf. Wedding, erster Ergänzungsband zur Darstellung des schmiedbaren Eisens, S. 150, Z. 5 u. ff. von oben, S. 151, Z. 14 von unten u. a. a. O.) ist nicht einzusehen. Die von Wedding in Form eines Diagramms allein wiedergegebene Ruhrorter Charge (s. folgenden Paragraph) war eine kalte, und bot deshalb einen dem obigen Ausschluss

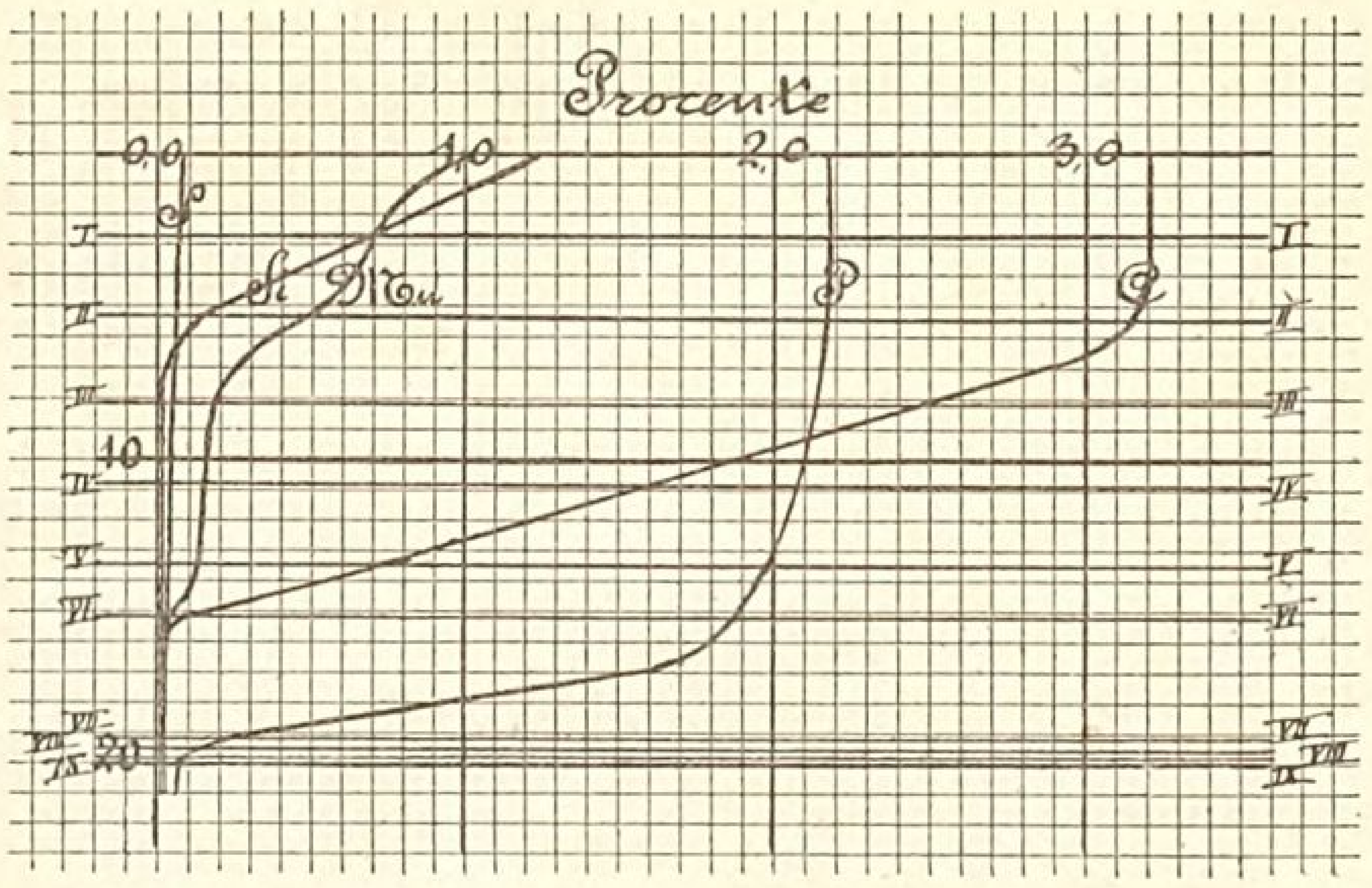


entsprechenden Verlauf der Kohlenstofflinie. Wenn ein Diagramm der Hörder Charge No. 31 gegeben worden wäre, so würde ein schwer lösbarer Widerspruch zwischen Experiment und vorgängiger theoretischer Behauptung entstanden sein.

Abgesehen von diesen Umständen, wird sich kaum ein und derselbe Modus beim Thomasiren ausführen lassen, solange nicht absolut ein und dasselbe Eisen zur Verwendung kommt, was ausser im oberschlesischen, im Minette- und im Clevelandbezirk kaum ausführbar sein dürfte.

§ 212. Die zweite der von Dr. Finkener untersuchten Chargen stammt aus dem Betrieb der rheinischen Stahlwerke und ist mit einem durchaus anderen Material abgeführt worden.

Der Einsatz bestand aus 2500 Kilo Eisen von Ormesby (Clevelandbezirk),
3000 „ „ „ Ilsede,
500 „ „ „ Hollerich (Luxemburg),
wozu noch Zusätze von 300 „ Spiegeleisen von ungenanntem Ursprungsort,
50 „ Ferromangan,
1080 „ dolomitischem Kalk treten.



Der ganze Satz ist ziemlich zu gleichen Theilen aus einem silicium- und phosphorreichen und aus einem siliciumarmen und phosphorreichen Roheisen zusammengestellt, so dass sich eine Mischung ergibt, welche nach dem Umschmelzen immer noch ziemlich viel Silicium (über 1/₀₀), aber die doppelte Menge Phosphor (über 2/₀₀) enthält, während die im vorigen Paragraph beschriebene Hörder Charge knapp ½/₀₀ Silicium und 1⅓/₀₀ Phosphor aufweist. Daher war für diesen Fall eine kältere Charge und eine starke Silicium- und Manganverbrennung indicirt, und man darf sich nicht wundern, die Kohlenstoffverbrennung erst nach fast vollendeter Siliciumverbrennung beginnen zu sehen.

Die Proben wurden vom Roheisen wie vom Einsatz in ähnlicher Weise genommen wie bei der Hörder Charge, und ihre Analyse ergab:

	Roheisen	Probe I 2 M. 46 S.	Probe II 5 M. 21 S.	Probe III 8 M. 5 S.	Probe IV 10 M. 45 S.	Probe V 13 M. 28 S.	Probe VI 15 M. 13 S.	Probe VII 19 M. 14 S.	Probe VIII 19 M. 31 S.	Probe IX 19 M. 49 S.	Spiegeleisen	Flusseisen
Si	1,22	0,72	0,15	0,007	0,012	0,005	0,008	0,005	0,005	0,004	0,28	0,01
C	3,21	3,30	3,12	2,47	1,49	0,75	0,05	0,02	0,02	—	5,18	0,26
P	{2,181 2,185}	2,148	2,224	2,157	2,096	2,053	1,910	0,23	0,139	0,087	{0,097 0,096}	{0,148 0,142}
S	0,080	0,047	0,051	0,049	0,051	0,051	0,055	0,06	0,055	0,056	0,010	0,045
Mn	1,03	0,71	0,50	0,18	0,16	0,14	0,01	0,01	—	—	13,06	0,48
Ni	0,08	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07	0,05	0,11	0,06
Cu	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,24	0,03

Ausserdem wurde auch noch der Phosphorgehalt des mechanisch in den Schlacken eingemengten Eisens untersucht, der indessen ziemlich schwankend erscheint und zu Aufschlüssen theoretischer Natur wohl kaum Veranlassung gibt. Das Ausbringen war = 83,3/₀₀ des Einsatzes, die Schlackenmenge betrug im Ganzen 975 Kilo.

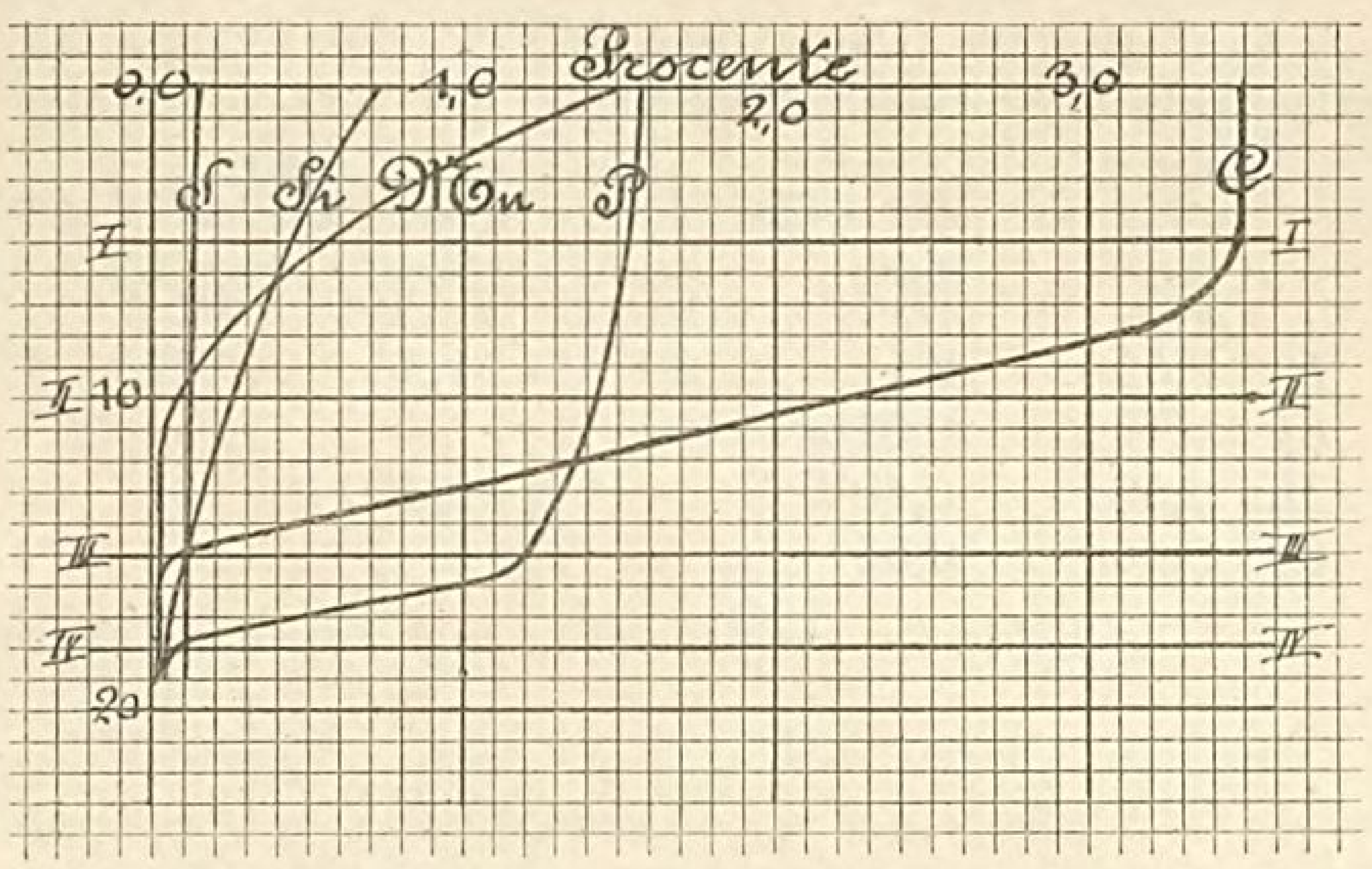
Das hier gegebene Diagramm unterscheidet sich von dem von Wedding (a. a. O., S. 147) gegebenen dadurch, dass die Mengen rektificirt, und dass die Höcker der Curven etwas ausgeglichen worden sind. Die Maass- und Zeitverhältnisse sind die gleichen wie bei den übrigen Diagrammen dieses Buches.

§ 213. Als letzte Gesammtuntersuchung einer Thomas-Charge mag hier eine von Stead, dem bekannten Chemiker in Middlesbro', ausgeführte Untersuchungsreihe aus dem Betrieb von Eston bei Middlesbro' Platz finden. Ueber das Material und die Grösse der Charge ist nichts Besonderes angegeben. Es enthielten:

	das Eisen	Probe I nach 5 Min.	Probe II nach 10 Min.	Probe III nach 15 Min.	Probe IV nach 18 Min.
C	3,50	3,55	2,35	0,07	Sp.
Si	1,50	0,50	0,09	Sp.	—
Mn . . .	0,71	0,56	0,27	0,12	Sp.
P	1,57	1,60	1,43	1,22	0,08
S	0,16	0,14	0,13	0,12	0,10

Auch hierbei findet der Höhe des Siliciumgehalts wegen eine kalte Charge statt; der erforderliche grössere Kalkzuschlag kühlt von selber die Charge ab, und es tritt die Kohlenstoffverbrennung analog wie bei der Ruhrorter Charge, doch etwas früher, d. h. nach Beseitigung von ca. 6 $^0/_{00}$ des Siliciumgehalts ein.

Den Beginn macht eine starke Silicium- und Manganverbrennung, dann folgt der Kohlenstoff, sobald die erforderliche Temperatur eingetreten ist, und nebenher scheint bereits etwas Phosphor in die Schlacke zu gehen, denn schon die zweite Probe zeigt eine Abnahme des Gehalts an Phosphor, während die erste Probe die aus dem Abbrand der Charge erklärbare Steigerung zeigt. Auch Probe III, vielleicht den Beginn des Ueberblasens andeutend, zeigt die langsam voranschreitende Verminderung, die dann aber in rapider Weise verläuft, so dass 3 Minuten später bereits nur 0,08 $^0/_{00}$ *P* zu constatiren sind.



Das Diagramm*) ist bezeichnend für den Clevelandbetrieb, welcher immer mit einem nahezu 1,5 $^0/_{00}$ hohen Siliciumgehalt zu rechnen haben wird, während der Phosphorgehalt kaum höher erscheint. Auch der Schwefelgehalt ist nicht ohne Einfluss und im Clevelandeisen wohl nie ganz zu vermeiden. In dem Verhältniss von Silicium und Phosphor im genannten Material liegt der Grund verborgen, warum der Thomasprocess an seiner Wiege so sehr langsam voranschritt, während er anderwärts, in Deutschland besonders, so ausserordentliche Fortschritte machte.

§ 214. Mit dem Vorstehenden kann man die theoretische Untersuchung und die Darstellung des Verlaufs des basischen Processes als hinlänglich vollständig ansehen, und es folgen im Nachstehenden nur noch einige neuere Untersuchungsergebnisse, welche einzelne Punkte aufklären.

In einer neuen, handschriftlich am 18./20. April 1886 mitgetheilten Arbeit von Dr. Friedrich C. G. Müller charakterisirt derselbe den basischen Process als Flusseisendarstellung durch Nachblasen im basischen Converter. Das dafür zu verwendende Roheisen (Thomas-Roheisen) soll etwa 2 $^0/_{00}$ *P*, 1—2 $^0/_{00}$ *Mn* und möglichst wenig *Si* enthalten und in Chargen von 8000—10000 Kilo möglichst heiss in den Converter gelangen. Die Menge des Zuschlagskalkes hat man gegen früher erheblich und bis auf 12 $^0/_{00}$ des Roheisengewichtes reducirt, so dass die Endschlacke 20 $^0/_{00}$ P_2O_5 aufweist, und dass auch die Vorwärmung des Kalkes sich nachträglich als überflüssig herausgestellt hat.

Dadurch ist auch in der theoretischen Auslegung des Verfahrens ein Unterschied gegen früher entstanden, da die früheren Untersuchungen stets freien Kalk in der Endschlacke ergeben hatten. Sonst hat sich nur als wünschenswerth das Vorhandensein von 2 $^0/_{00}$ *Mn* bei möglichstem Zurücktreten des *Si* ergeben, um eben gleich zu Anfang die Verschlackung des letzteren zu Mn_2SiO_4, bezw. $MnSiO_3$ möglichst vollständig bewirken zu können. Ebenso ist die calorische Leistungsfähigkeit von 2 $^0/_{00}$ *P* vollkommen ausser Zweifel hinsichtlich der Flüssigkeit der Endprodukte.

Besonders hervorgehoben wird noch von Müller, dass ein siliciumarmes Eisen, auch wenn es verhältnissmässig kalt in den Converter fliesst, gleich die Erscheinung der warmen Charge zeige, d. h. sofortige Kohlenstoffverbrennung — eben, weil beim Fehlen des *Si* der Sauerstoff sich gleich auf den Kohlenstoff werfen muss.

Im grossen Ganzen bleiben auch die früher gezeichneten Diagramme noch heute gültig, soweit nicht einzelne Zwischenphasen des Nachblasens etc. in Betracht kommen, über welche specielle Untersuchungen nicht angestellt wurden.

Diesen Mangel ersetzt Dr. Fr. C. G. Müller durch Mittheilung von Untersuchungsergebnissen aus dem Bereich des Betriebes von Königshütte (Oberschlesien). Auf diesem Werk steht das Verfahren bezüglich der Einrichtungen und des Betriebes ganz auf dem neuesten Fuss.

Die möglichst heiss eingeschmolzenen Roheisenchargen von 9000—10000 Kilo werden in dem vorgewärmten Converter auf 1250 Kilo oder 13 $^0/_{00}$ nicht besonders vorgewärmten Kalk gebracht und in ca. 20—21 Minuten verblasen.

Man rechnet 16 Minuten auf die Entkohlung, 5 Minuten auf die Entphosphorung. Die Schlacke zeigt sich, wenn auch etwas dickflüssig, doch ganz homogen und enthält 18—20 $^0/_{00}$ P_2O_5.

Das Material zu den Untersuchungen nahm Dr. Müller in folgender Weise: Die Roheisenprobe wurde aus dem Converter geschöpft, nachdem er auf- und niedergestellt worden war, die erste

*) Durch ein zeichnerisches Versehen ist die Mangancurve mit *Si*, die Siliciumcurve mit *Mn* bezeichnet worden, worauf hier ausdrücklich und unter Hinweis auf die Ziffern der Analysen aufmerksam gemacht wird.

Metallprobe dagegen nach 15 Minuten, wo das Spektrum noch glänzend und vollständig war. Die nächste Metallprobe ist nach $17^3/_4$ Minuten genommen worden, als die grünen Spektrallinien eben verschwunden waren. Von da an wurde von Minute zu Minute und am Schluss, wo auch die Schmiedeproben angestellt wurden, in noch kürzeren Zwischenräumen geschöpft.

Zu dem Vorgang des Probenehmens selber bemerkt Dr. Müller ausdrücklich, dass das Probenehmen so schnell und präcis vorgenommen wurde, dass kaum 30 Secunden Unterbrechung eintraten, und dass eine Unterbrechung der Reaktion oder eine sonstige Abweichung vom normalen Gang nicht zu bemerken war. Das grosse Gewicht der Charge lässt übrigens an sich den Einfluss derartiger Probenahmen als unerheblich erscheinen; Auswurf von Kalk oder Metall ist nicht beobachtet worden.

§ 215. Die Ergebnisse der Analysen sind zu folgender Zusammenstellung vereinigt:

	Roheisen	Metall 15 M.	Metall 17 M. 45 S.	Metall 18 M. 34 S.	Metall 19 M. 45 S.	Metall 20 M. 48 S.	Metall 21 M. 48 S.	Metall 22 M. 53 S.	Metall 23 M. 23 S.	Metall 23 M. 45 S.
P	2,59	2,54	2,15	1,53	1,28	0,856	0,484	0,237	0,173	0,120
Si	0,492	0,016	—	—	—	—	—	—	—	—
Mn	1,58	0,483	—	0,350	—	—	—	—	—	0,112
C	2,65	0,56	—	—	—	—	—	—	—	—

Die Schlackenzusammensetzung vor dem Ferromanganzusatz war

$$SiO_2 \quad 11{,}9 \quad = Si \quad 5{,}55$$
$$P_2O_5 \quad 18{,}6 \quad = P \quad \begin{cases} 8{,}15 \\ 7{,}98 \end{cases}$$
$$\left.\begin{matrix} FeO & 8{,}23 \\ Fe_2O_3 & 5{,}57 \end{matrix}\right\} = Fe \quad 10{,}30$$

Aus der Menge des ausgebrachten Produkts (8000 Kilo Blöcke) berechnet Müller das Chargengewicht auf 9460 Kilo, während Wägungen der Schlacke bei zwei vorhergehenden, absolut analog verlaufenen Chargen die Annahme gestatten, dass die untersuchte Charge ca. 2600 Kilo Schlacke ergeben habe.

Nach der Schlackenanalyse würde dieses Quantum enthalten haben:

212 Kilo P,
268 „ Fe,
144 „ Si,
während das Roheisen 234 „ P und
47 „ Si

an absoluten Mengen der bezw. Elemente enthalten haben müsste.

Der Unterschied im Siliciumgehalt der Schlacke gegenüber dem Roheisensilicium erklärt sich nach Dr. Müller durch den Hinweis auf den im dolomitischen Kalkstein enthaltenen Kieselsäuregehalt, wie auch durch den beobachteten Umstand, dass Cupolofenschlacke in den Converter gelangt war.

Der Unterschied im Phosphorgehalt, d. h. das Fehlen von 22 Kilo P in der Schlacke, ist bemerkenswerther, weil man den Verbleib derselben nicht nachzuweisen vermag. Allerdings hat schon Kupelwieser einen Phosphorverlust constatirt und denselben durch die im betreffenden Fall beobachteten starken Auswürfe erklärt. Da bei der von Dr. Müller beobachteten und untersuchten Königshütter Charge ein Auswurf nicht stattfand, so muss gefolgert werden, dass die 22 Kilo P, also ca. $^1/_{10}$ des Pgehalts aus dem Roheisen in irgend einer Form verflüchtigt, d. h. in die Luft geblasen worden sind.

§ 216. Aus den beiden ersten Analysen geht hervor, dass sich in dem untersuchten Process die Elemente C, Si, Mn ebenso verhalten wie beim Bessemern, und macht Dr. Müller ganz besonders darauf aufmerksam, dass mit den vorhandenen $0{,}5/_{00}$ Si auch $1{,}0/_{00}$ Mn verschwänden, welches genau das zur Bildung von Manganbisilikat, $MnSiO_3$, erforderliche Verhältniss gäbe.

Hinsichtlich des Mangans dagegen bestätige sich wieder das schon bei früheren Untersuchungen hervorgetretene Gesetz des äusserst langsamen Verschwindens gegen Ende des Processes, namentlich in der Nachblaseperiode.

Es erscheint dies nach Müller um so auffallender, als beim deutschen Bessemerprocess das Mangan zugleich mit dem Silicium auch am Ende der Entkohlung und bei sehr hohen Temperaturen energisch verbrennt.

Nach den Erfahrungen Müller's kommt bei dem typischen Thomasiren der Mangangehalt am Schluss des Blasens selten unter $0{,}2/_{00}$.

Den Phosphor anlangend, so beginnt seine Ausscheidung bereits gegen Ende der Entkohlungsperiode, indess ganz langsam, und erst nach vollendeter Entkohlung tritt der rapide Phosphorabbrand ein und in den Vordergrund. Nach und nach aber verlangsamt sich die Entphosphorung ganz bedeutend (auf welche Thatsache Müller bereits in der früheren Abhandlung, s. S. 287, § 208, hinwies), und die neueste Untersuchung, d. h. die vorstehend mitgetheilten Analysen erhärten die ältere Wahrnehmung.

Müller macht darauf aufmerksam, dass diese Verzögerung der Entphosphorung an sich unbedeutend sei, doch aber mit dem für die Oekonomie des Processes ausschlaggebenden Abbrand des Eisens im innigsten, unmittelbaren Zusammenhang stehe.

Es ist offenbar und einleuchtend, dass der bei der Verlangsamung der Phosphorausscheidung verfügbar werdende Theil des eingeblasenen Sauerstoffs nicht unverzehrt durch das hoch erhitzte Metallbad entweichen wird, und kommt Müller dabei auf die Versuche zu Hörde, welche unbeachtet geblieben seien, obwohl sie ein neues Moment in die Theorie des Processes brachten.

§ 217. Am 28. Februar 1880 liess Müller in Hörde den Converter zu Anfang der Nachblaseperiode niederlegen und nach und nach 4 Kilo Schlacke, d. h. eigentlich Kalkbrocken mit Antheilen der ihn umhüllenden spärlichen, geschmolzenen Masse herausholen. Man strebte dabei, die ungefähre durchschnittliche Zusammensetzung dessen zu erreichen, was auf dem Metall umherschwamm.

Das Ganze, fein pulverisirt und gemengt, zeigte die Zusammensetzung:

SiO_2	7,39
P_2O_5	3,93
Fe	3,16

Die zugleich geschöpfte Metallprobe enthielt 0,69,
das ursprüngliche Roheisen 1,59,
so dass die Entphosphorung bereits als über die Hälfte hinaus gediehen angesehen werden konnte.

Nach 2 Minuten 22 Secunden weiteren Blasens war der Process beendet und das Bad enthielt nur noch 0,035 P.

Die Schlacke steckte auch jetzt noch voller Kalkstücke; die Probe davon, 6 Kilo, wurde gemahlen und in der Durchschnittsprobe gefunden:

SiO_2	8,36
P_2O_5	11,55
Fe	13,9

Wenn nun auch ein vollkommenes Harmoniren der beiden Werthe für P_2O_5 mit dem im Metall selbst gefundenen Pgehalt durch die Schwierigkeiten der Probenahme verhindert worden ist, so ist doch hinlänglich sicher gestellt, dass das Eisen erst ganz am Ende der Nachblaseperiode verschlackt worden ist.

Auf das Roheisengewicht bezogen, beziffert sich der Eisenabbrand überhaupt auf 4,4/$_{00}$, wovon 1/$_{00}$ mit der ersten Hälfte, 3,4/$_{00}$ mit der zweiten Hälfte desselben Elements, P, verbrannt sind.

Müller bezeichnet den grossen Eisenabbrand am Schluss des Thomasprocesses als einen wunden Punkt und macht auf die dabei einflussreichen ungünstigen, stöchiometrischen Verhältnisse aufmerksam, welche in dem verschiedenen Sauerstoffbedarf des Eisens und des Phosphors sich begründen.

Das gleiche Quantum Sauerstoff oxydirt 62 Phosphor und
280 Eisen,
von letzterem mithin die vierundeinhalbfache Menge.

Bei der Königshütter Charge verschwindet nach Müller durchschnittlich 0,432 P pro Minute, gegen das Ende hin aber 0,147 in derselben Zeit, so dass ein Ausfall von 0,285 P vorhanden ist.

Da indess das Windquantum unverändert bleibt, müssen in der Minute $4^1/_2 \times 0,285$ oder 1,28/$_{00}$ Eisen mehr verschlackt werden als im Anfang des Nachblasens.

Die Verlangsamung der Phosphorausscheidung liegt nach Müller zunächst in der Verringerung des Phosphors selbst, d. h. in seiner grösseren Verdünnung im Bade des Converters, dann aber auch in den Temperaturverhältnissen. Nach eigenen Erfahrungen glaubt Müller als sicher hinstellen zu können, dass übermässig hohe Endtemperaturen den Eisenabbrand vergrössern und dem entsprechend die Phosphorausscheidungen noch mehr verlangsamen, und es ist hiernach wohl angezeigt, die Endtemperaturen nur bis zu der durch die richtige Giesshitze bedingten Höhe kommen zu lassen.

Ganz neue Mittheilungen renommirter Thomaswerke an den Verfasser bestätigen diese Sätze Müller's und weisen namentlich auf die ökonomischen und technischen Gefährlichkeiten eines zu hohen Phosphorgehalts hin, welche nur durch die Folgen des Schwankens vom Phosphorgehalt des Rohmaterials noch übertroffen werden.

Da man nicht immer in der Lage ist, hierauf Einfluss zu haben, so ist es angezeigt, auf anderem Wege der hohen Endtemperatur entgegenzutreten. Dadurch verläuft denn auch die sonst so schwierige Herabminderung des Phosphorgehalts von 0,1 auf 0,03 rascher als bei sehr hoher Endtemperatur. Die meisten Werke combiniren die Nothwendigkeit der Abkühlung des Converters mit dem Aufarbeiten der überall vorhandenen Stahlabfälle, indem sie die letzteren in den Converter werfen, wenn die Operation dem Ende zu geht. (Beim saueren Converterprocess hat man bekanntlich bis zu 30/$_{00}$ Abfälle in dem Converter verarbeitet.)

§ 218. Die weitere Betrachtung der Analysen veranlasst Dr. Müller, auf einen bisher nicht beachteten Punkt aufmerksam zu machen, welcher indessen für die Wärmeökonomie des Thomasprocesses bedeutungsvoll ist.

Eine stöchiometrische Rechnung zeigt, dass in den ersten Minuten der Entphosphorung mehr Sauerstoff gebraucht wird als innerhalb der Fein- und Kochperiode. Nach Müller beträgt der durchschnittliche Sauerstoffverbrauch per Minute bei der Königshütter Charge während der Zeit vom Beginn bis zum Verschwinden der grünen Spektrallinien 0,290/₀₀ des Roheisengewichts, wogegen die 1,05 *P*, welche in der Periode von: 18 Minuten 34 Secunden bis 21 Minuten 48 Secunden verschwinden, 0,420/₀₀ Sauerstoff per Minute erfordern.

Müller weist im Anschluss hieran darauf hin, dass auch die von Finkener untersuchte Hörder Charge No. 31 Aehnliches zeige. Es berechnet sich nämlich aus der Menge der verbrannten Stoffe für die Zeit der ersten 5 Minuten per Minute 0,307/₀₀ verbrauchter Sauerstoff; von der 5. bis zur 10. Minute, also bis zum Ende der Entkohlung, sind 0,460/₀₀ Sauerstoff und beim Beginn der Entphosphorung, zwischen der 12. und 13,25. Minute, sogar 0,583/₀₀ verbraucht worden.

Bei der anderen von Finkener untersuchten Charge, der Charge 125 der rheinischen Stahlwerke, wurde an Sauerstoff gebraucht:

in den Minuten	0—5	0,28/₀₀ per Minute,
„ „ „	5,21—15,13 . . .	0,432/₀₀ „ „
„ „ „	15,13—19,14 . . .	0,542/₀₀ „ „

Müller sucht die Erklärung für diese auffälligen Verhältnisse darin, dass bei der Rechnung die gewöhnliche Ansicht zu Grunde gelegt wurde, der Kohlenstoffgehalt verbrenne nur zu CO.

Die vorher berechneten Zahlen beweisen nach Müller indessen, dass ein namhafter Antheil des Kohlenstoffs zu CO_2 verbrennen müsse; bei kalten Chargen, wie z. B. die Charge 125 eine war, ist auch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass eine gewisse Menge Sauerstoff unverzehrt durch das Bad gegangen sein kann.

Dass bei den Arbeiten, die sich auf den saueren Process bezogen, das beregte Verhältniss nicht deutlich hervortritt, weist darauf hin, dass hier die Verbrennung des Kohlenstoffs zu CO vorherrscht.

Snelus und Tamm haben bei ihren Arbeiten constatirt, dass mit voranschreitendem Entkohlungsprocess die Kohlensäure fast ganz aus den Bessemergasen verschwindet, während beide beim Beginn des Processes vorwiegend Kohlensäure neben freiem Sauerstoff in denselben Gasen ermittelt hatten. Ob diese Kohlensäure wirklich aus der direkten Verbrennung des Chargenkohlenstoffs stammt oder ob sie nicht durch Verbrennung des Kohlenoxyds im Bauch des Converters entstanden ist, das ist nach Müller noch sehr zweifelhaft, da bei kalten Chargen anfangs der ganze Wind unbenutzt durch das Roheisen geht.

Müller hat selbst auf den Westcumberland Iron Works zu Workington Chargen verfolgt, bei denen noch nach 10 Minuten unsichtbare Gase aus dem Converterhalse kamen und die Meinung hervorzurufen im Stande waren, als sei der Converter noch leer.

§ 219. In Folge der eben hervorgehobenen beiden Thatsachen ist es nach Müller unzweifelhaft, dass der Thomasprocess über zwei weitere besondere Wärmequellen verfügt, die man bisher nicht berücksichtigt hatte.

Daraus ergibt sich die Nebeneinanderstellung:

3/₀₀ C zu CO bedeutet eine Temperatursteigerung von 80⁰	3/₀₀ zu CO_2 bedeutet eine Temperatursteigerung von 150⁰

Mit der Kohlenoxydbildung erreicht man nie die Maximaltemperatur von 1500, während mit der Kohlensäurebildung diese Temperatur überschritten wird, eine Roheisentemperatur von 1400⁰ in beiden Fällen vorausgesetzt.

Es ist somit theoretisch begründet, dass ein Thomasroheisen von 1400⁰ Anfangstemperatur sich verblasen lassen wird, auch wenn ausser 2,5/₀₀ P nur noch 3/₀₀ C darin vorhanden sind.

Das neben dem P verbrennende Eisen anlangend, macht Müller darauf aufmerksam, dass die gleichen Luftmengen bei der Pverbrennung genau die gleiche Wärmemenge produciren wie bei der Feverbrennung.

In der That sind, da 5 O entweder 2 P oder 5 Fe oxydiren,

$$2 \times 31 \times 5747 = 356314\ c \text{ bei der Bildung von } P_2O_5,$$
$$5 \times 56 \times 1248 = 352240\ c \text{ „ „ „ „ } 5\,FeO$$

entwickelungsfähig, wenn auch die Ziffer 5747 oder die von Müller benutzte Ziffer 5760 als absolute Wärmeentwickelung des Phosphors eine andere wird, wenn es sich um die Verbrennung von P aus Phosphoreisen handelt, d. h. wenn sie sich nach den Bemerkungen von Troost und Hautefeuille um den entsprechenden Antheil aus der Zersetzungswärme des Eisenphosphürs vermindern dürften.

Dass dieser Wärmeausfall nicht gross ist, zeigt nach Müller der correkte Verlauf des Thomasprocesses in der Praxis.

Obige Wärmeproduktionsgleichheit heisst mit anderen Worten: Es findet während der ganzen Nachblasezeit eine constante Wärmeentwickelung statt, indem das Eisen ersetzt, was für den Phosphor nach und nach fortschreitend ausfällt.

Weiter folgt daraus, dass das (seitherige) Gesammtquantum der erzeugten Wärme um das Resultat der Eisenverbrennung steigt, und dass die Blasezeit sich entsprechend verlängert.

Es werden mithin beim Thomasprocess relativ grössere Wärmemengen frei als beim Bessemern, wovon übrigens das gesteigerte Schlackenquantum auch einen erheblich grösseren Antheil beansprucht. Da die Schmelzwärme der Schlacke und auch ihre specifische Wärme doppelt so gross sind wie die des Eisens, so sind die 2600 Kilo Schlacke der Versuchscharge gleichwerthig mit dem 5200 Kilo wiegenden Metall der Charge.

Mithin kommen beim Thomasiren $37/_{00}$ der Converterwärme auf die Schlacke, wogegen beim saueren Process der entsprechende Antheil nicht über $10/_{00}$ sich beläuft (mit Ausnahme von den Fällen hohen *Mn*gehalts, wo die Schlackenmenge auch beim Bessemern $15/_{00}$ des Metallgewichts erreichen kann).

Das Temperaturdiagramm der Thomascharge erinnert an das von Müller seiner Zeit für die Charge des deutschen Bessemerprocesses berechnete und entworfene. Bis zum Beginn des Nachblasens steigt die Temperatur erst schneller, dann langsamer, von 1300 bis 1550°, während der Entphosphorung aber von 1550 auf 1800°.

Die Schlacken des basischen Processes.

§ 220. Weit mehr noch als bei dem saueren Process beansprucht bei dem basischen Process die Schlacke das Interesse des Technikers, da dieselbe im letzteren Fall eine ganz andere Rolle zu spielen hat als im ersteren.

Während ihre Beschaffenheit bei dem saueren Process mehr oder minder unerheblich ist und höchstens einzelne ihrer Eigenschaften als Anzeichen bestimmter Stadien des Processes Verwerthung oder Benutzung finden, handelt es sich bei der Schlacke des Thomasprocesses um ein ganz bestimmtes Verhältniss zwischen ihren Hauptbestandtheilen, wenn die Schlacke normal wirken soll.

Schon die allerersten Versuchsarbeiten und später die ersten, längere Zeit hindurch fortgesetzten Betriebscampagnen zeigten, dass zum Gelingen des Processes die Schlacke ein gewisses Verhältniss von Kalk, bezw. Magnesia, Eisen und Mangan zur Kieselsäure haben müsse, um in der Lage zu sein, die ganze am Ende der Charge sich bildende Phosphorsäure aufzunehmen und dauernd zu binden.

Wesentlich ist hierbei allerdings nur das Verhältniss von Kalk und Magnesia zur Kieselsäure; es muss naturgemäss so viel von den beiden Basen vorhanden sein, dass nach Neutralisirung der Kieselsäure sich die entstandene Phosphorsäure zu einem in der Hitze stabilen Phosphat von Kalk und Magnesia umsetzen kann.

Diese Bedingung verursacht eine gewisse Beziehung zwischen der Zuschlagsmenge und dem Siliciumgehalt des verwendeten Roheisens etc. der Art, dass mit dem Siliciumgehalt auch die Zuschlagsmenge wachsen muss, welche über die zur Neutralisirung der Phosphorsäure erforderliche Menge hin aus dem Bade zuzufügen ist. Danach würde ein minimaler Siliciumgehalt des Roheisens unbedingt eine minimale Zuschlagsmenge bedingen, vorausgesetzt natürlich, dass für die Hervorbringung der dem Bade nothwendigen Verbrennungswärme andere Nebenbestandtheile, in erster Linie Phosphor und Eisen, in die Schranken treten.

J. von Ehrenwerth hat in seinen gesammelt herausgegebenen Studien zum Thomas-Gilchristprocess (Wien 1881) den Versuch gemacht, für ein manganfreies Roheisen mit $3/_{00}$ Kohlenstoff, für um $^1/_{1/00}$ steigende Phosphormengen von 0—3,00 die zur erforderlichen Wärmeerzeugung erforderlichen Siliciumgehalte, wie auch die zur vollständigen Sättigung von SiO_2 und P_2O_5 dann nothwendigen Zuschlagsmengen zu berechnen.

Dabei ging der Verfasser von dreierlei Sättigungsgraden aus, je nachdem

1. R_2SiO_4 und $R_2P_2O_7$ (Singulosilikat + Pyrophosphat),
2. R_4SiO_6 „ $R_2P_2O_7$ (Subsilikat + Pyrophosphat),
3. R_4SiO_6 „ $R_3P_2O_8$ (Subsilikat + Orthophosphat)

sich bilden sollten.

Die sehr mühsame Arbeit, welche später in graphischer Darstellung vom Verfasser dieses Buches dem Aachener Bezirksverein deutscher Ingenieure vorgelegt worden ist, ergab im Allgemeinen ein Zuschlagsminimum bei vorwiegendem Phosphorgehalt; die Annahme, auf die sie sich gründete, auch die der Anfangs- und Endtemperaturen (1400° und bezw. 1625—1700°), wurde leider durch spätere Untersuchungen als den thatsächlichen Verhältnissen nicht immer entsprechend erkannt, weshalb hier nur die interessanteren der Tabellen ohne weiteren Commentar wiedergegeben werden.

§ 221. Tabelle über die relativen Mengen Silicium und Zuschlag (Kalk mit $5/_{00}$ SiO_2), gültig für den Fall, dass letzterer sämmtliche Wärme vom Metallbade erhält; für manganfreies Roheisen mit $3/_{00}$ Kohlenstoff.

Bessemertemperatur 1625° C.

Phosphorgehalt . . .		0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
1. Sättigungsgr.	Silicium	1,30	1,16	1,02	0,88	0,74	0,60	0,46	0,32	0,18	0,04	—	—	—
	Zuschlag	6,12	6,00	5,87	5,75	5,62	5,49	5,37	5,24	5,12	5,00	—	—	—
2. „	Silicium	2,41	2,17	1,92	1,68	1,43	1,19	0,94	0,70	0,45	0,21	—	—	—
	Zuschlag	25,26	23,31	21,36	19,41	17,46	15,51	13,56	11,61	9,66	7,71	—	—	—
3. „	Silicium	2,41	2,20	2,00	1,80	1,60	1,39	1,19	0,99	0,79	0,58	0,38	0,18	—
	Zuschlag	25,26	24,05	22,84	21,63	20,42	19,21	18,00	16,79	15,58	14,37	13,16	11,95	—

Bessemertemperatur 1650° C.

Phosphorgehalt		0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
1. Sättigungsgr.	Silicium	1,43	1,29	1,15	1,01	0,87	0,73	0,59	0,45	0,31	0,07	—	—	—
	Zuschlag	6,72	6,59	6,47	6,34	6,22	6,09	5,97	5,84	5,72	5,62	—	—	—
2. „	Silicium	2,71	2,46	2,21	1,96	1,71	1,46	1,21	0,96	0,71	0,46	0,21	—	—
	Zuschlag	28,30	26,30	24,30	22,30	20,30	18,30	16,30	14,30	12,30	10,30	8,30	—	—
3. „	Silicium	2,71	2,51	2,30	2,09	1,89	1,68	1,48	1,27	1,07	0,86	0,66	0,45	0,25
	Zuschlag	28,30	27,07	25,83	24,59	23,36	21,12	20,89	19,65	18,42	17,19	15,95	14,62	13,38

Bessemertemperatur 1700° C.

Phosphorgehalt		0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
1. Sättigungsgr.	Silicium	1,69	1,55	1,41	1,27	1,13	0,99	0,85	0,71	0,57	0,43	0,29	0,15	0,01
	Zuschlag	7,92	7,80	7,67	7,55	7,42	7,30	7,17	7,05	6,92	6,80	5,67	5,55	5,42
2. „	Silicium	3,32	3,07	2,81	2,55	2,29	2,18	1,78	1,52	1,26	1,01	0,75	0,49	0,23
	Zuschlag	34,40	32,30	30,20	28,10	26,00	23,90	21,80	19,70	17,60	15,50	13,40	11,30	9,20
3. „	Silicium	3,32	3,12	2,91	2,70	2,49	2,29	2,08	1,87	1,66	1,46	1,25	1,04	0,83
	Zuschlag	34,40	33,11	31,83	30,54	29,26	27,97	26,69	25,40	24,12	22,83	21,55	20,26	18,98

§ 222. Tabelle über die relativen Mengen Silicium und Zuschlag (Kalk mit $5/_{00}$ SiO_2), gültig für den Fall, dass letzterer pro 1 Gew.-Th. 200 Cal. Wärme durch Vorwärmung und von den Gasen erhält, d. h. bei Vorwärmung der Zuschläge auf 800° C.; für manganfreies Roheisen mit $3/_{00}$ Kohlenstoff.

Bessemertemperatur 1625° C.

Phosphorgeh. d. Roheisens		0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
1. Sättigungsgr.	Silicium	1,14	1,01	0,87	0,74	0,60	0,47	0,33	0,20	0,06	—	—	—	—
	Zuschlag	5,31	5,20	5,09	4,98	4,87	4,76	4,65	4,54	4,43	—	—	—	—
2. „	Silicium	1,53	1,35	1,17	0,99	0,82	0,64	0,46	0,28	0,11	—	—	—	—
	Zuschlag	16,03	14,78	13,54	12,29	11,05	9,80	8,56	7,31	6,07	—	—	—	—
3. „	Silicium	1,53	1,37	1,22	1,06	0,90	0,75	0,59	0,43	0,27	0,12	—	—	—
	Zuschlag	16,03	15,25	14,48	13,71	12,94	12,16	11,39	10,62	9,85	9,07	—	—	—

Bessemertemperatur 1650° C.

Phosphorgeh. d. Roheisens		0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
1. Sättigungsgr.	Silicium	1,25	1,11	0,98	0,84	0,71	0,57	0,44	0,30	0,17	0,03	—	—	—
	Zuschlag	5,86	5,75	5,64	5,53	5,42	5,31	5,20	5,09	4,98	4,87	—	—	—
2. „	Silicium	1,70	1,53	1,35	1,17	0,99	0,82	0,64	0,46	0,28	0,11	—	—	—
	Zuschlag	17,82	16,55	15,29	14,03	12,77	11,50	10,24	9,98	7,72	6,47	—	—	—
3. „	Silicium	1,70	1,55	1,39	1,23	1,07	0,92	0,76	0,60	0,44	0,29	0,13	—	—
	Zuschlag	17,82	17,03	16,25	15,47	14,69	13,90	13,12	12,34	11,56	10,77	9,99	—	—

Bessemertemperatur 1700° C.

Phosphorgeh. d. Roheisens		0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
1. Sättigungsgr.	Silicium	1,48	1,34	1,20	1,06	0,93	0,79	0,65	0,51	0,38	0,25	0,11	—	—
	Zuschlag	6,90	6,78	6,67	6,56	6,45	6,33	6,22	6,11	6,00	5,88	5,77	—	—
2. „	Silicium	2,04	1,86	1,68	1,50	1,32	1,14	0,96	0,78	0,60	0,42	0,24	0,06	—
	Zuschlag	21,43	20,13	18,84	17,54	16,25	14,95	13,66	12,36	11,07	9,77	8,48	7,18	—
3. „	Silicium	2,04	1,88	1,72	1,56	1,40	1,24	1,08	0,92	0,76	0,60	0,44	0,28	0,12
	Zuschlag	21,43	20,63	19,83	19,03	18,23	17,43	16,63	15,83	15,03	14,23	13,43	12,63	11,83

§ 223. Die Schlackenanalysen ergaben nicht immer gleiche oder nur ähnliche Zusammensetzungsverhältnisse, sondern zeigten merkwürdige Abweichungen, welche auf ganz verschiedene Verbindungszustände hinwiesen.

Bereits J. von Ehrenwerth veröffentlichte Eingangs seiner vorher citirten Studien zwei Schlackenanalysen von Hörde, die einen grossen Unterschied zeigen. Es enthielt

	die Schlacke von Charge 57	die Schlacke von Charge 39 oder 40
SiO_2	13,81	9,50
P_2O_5	7,38	9,76
FeO	1,41	—
Fe_3O_4	6,92	9,28
MnO	6,20	6,16
CaO	57,87	59,35
MgO	6,93	5,01
CaS	0,22	0,87
Al_2O_3	Sp.	Sp.
	100,74	99,93

Die erste dieser Schlacken stammt jedenfalls von einem siliciumreichen Roheisen, während die zweite vom Verblasen eines mehr normalen Thomasroheisens herrührt. Auch die von Dr. Müller untersuchte Schlacke gehört noch in die erste Kategorie (§ 210).

Der Durchschnitt der Schlacken dreier Chargen wurde durch Massenez neben den beiden obigen Analysen auf einer Generalversammlung zu Düsseldorf, 14. Dec. 1879, bekannt gegeben und wies auf:

SiO_2	11,10
P_2O_5	12,43
Fe_3O_4	11,25
FeO	—
MnO	4,40
CaO	50,21
MgO	9,84
CaS	1,15
Al_2O_3	Sp.

Sie stimmt in ihrer Zusammensetzung merkwürdig genau überein mit den späteren Ergebnissen der Finkener'schen Untersuchungen, dessen Material allerdings zu derselben Zeit entnommen worden war, wenn auch nicht aus den genannten Betriebsabschnitten und Chargen.

Die von Finkener untersuchte Endschlacke von Hörde enthielt

SiO_2	11,47
P_2O_5	12,11
CaO	51,32
MgO	4,78
MnO	3,53
FeO	8,31
Fe_2O_3	3,19
Al_2O_3	2,37
CaS	3,18
SO_3	0,20
CuO	0,01

ist also etwas sauerer als die zweite der obigen Schlacken. Jedenfalls ist sie mit einem etwas geringeren Zuschlagsquantum erblasen, also in dieser Hinsicht vortheilhafter dargestellt, während der Eisengehalt auf eine stärkere Hitze hinweisen könnte.

§ 224. Die Hörder Schlacke hat in neuester Zeit das Material zu einer bemerkenswerthen Entdeckung geliefert.

Im Frühjahr 1883 bereits fand Oberingenieur Hilgenstock zu Hörde in den Hohlräumen einiger auseinandergegangener und ausgeflossener Schlackenklötze des dortigen basischen Betriebes eine ausgedehnte Krystallbildung. Die Krystalle erschienen als dünne, hornartig durchscheinende, kleine Tafeln von rechteckigem Habitus, welche, durcheinander geschoben, eine ziemlich locker gefügte Krystallkruste bildeten.

Zwischen den Krystallen und an denselben zum Theil anhängend fand sich eine als bläulich graue Masse deutlich unterscheidbare andere Schlackensubstanz, welche G. Hilgenstock als Mutterlauge des Krystallisirprocesses bezeichnet.

Auch die compakten Theile der Schlackenklötze, welche den Krystallbildungen als Unterlagen dienten, zeigten ein Gemisch von Krystallen und grauer Masse, in welchem ziemlich dichten Gemisch auch noch Blasenräume mit durchaus glatten, ausschliesslich aus Krystallflächen gebildeten Wandungen beobachtet worden sind.

Die Analyse ergab für eine Probe des Haufwerkes:

CaO	61,16/$_{00}$
P_2O_5	34,64/$_{00}$
MgO	1,90/$_{00}$
MnO	1,51/$_{00}$
SiO_2	0,91/$_{00}$

wozu noch Spuren von *Fe* und *CaS* sich gesellten.

Wegen der überraschenden Thatsache, dass man es hier mit einem anderen als dem gewöhnlichen dreibasischen Phosphat zu thun hatte, wurde mit mühsam ausgelesenen, fast vollkommen reinen Krystallen eine neue Untersuchung angestellt, welche wesentlich

CaO	61,10/$_{00}$
P_2O_5	38,14/$_{00}$ ergab.

In seiner ersten Mittheilung über diese Angelegenheit (Stahl und Eisen, Sept. 1883, S. 498) spricht Hilgenstock bereits die Vermuthung aus, dass die Krystalle aus einer Verbindung von der Form

$$4\,CaO,\ P_2O_5$$

beständen, also die wohl vermuthete, doch noch nicht isolirte vierbasische Phosphorsäure

$$P_2O\,(OH)\,8 \text{ oder } 4\,H_2O,\ P_2O_5$$

unter Substitution von CaO an Stelle von H_2O enthielten.

§ 225. Dieser ersten Mittheilung folgte eine wissenschaftliche Untersuchung von Krystallausscheidungen in der Peiner Thomasschlacke durch Dr. von Groddeck und Dr. K. Broockmann in Clausthal, über welche in Stahl und Eisen, Märzheft 1884, S. 141, berichtet worden ist.

Es wurde festgestellt, dass sich in der Peiner Schlacke am häufigsten braungefärbte, rechteckig gestaltete, sehr dünne und zerbrechliche Täfelchen von zum Theil beträchtlichen Dimensionen finden, welche eine Härte 3,5, Glasglanz und Durchsichtigkeit besitzen, und welche zwischen gekreuzten Nicols sehr lebhafte bunte Polarisationsfarben zeigen. Aus dem Verhalten bei der optischen Untersuchung ging die Wahrscheinlichkeit hervor, dass die Krystalle dem rhombischen System angehörten; leider liessen sich Präparate in verschiedenen Schnitten der Zerbrechlichkeit halber nicht herstellen, um die Frage nach dem Krystallsystem endgültig entscheiden zu können.

Bei durchfallendem Licht erscheinen die Krystalle fast farblos, wasserhell, und Dichroismus konnte nicht wahrgenommen werden.

Ausser den braunen tafelförmigen Krystallen fanden sich aber auch noch winzige, schön blau gefärbte Kryställchen in der Peiner Schlacke, ausserdem noch schwärzlich gefärbte büschel- oder federartig gestaltete Krystallaggregate.

Es wurde mit grosser Mühe eine zur chemischen Analyse eben hinreichende Menge der blauen Kryställchen ausgesucht, wobei dann gleichzeitig constatirt werden konnte, dass die Krystalle nur unvollkommen ausgebildet sind und theils säulen- theils tafelförmig erscheinen.

Verschiedene Wahrnehmungen machen es wahrscheinlich, dass auch diese Krystallausscheidungen dem rhombischen System zugehören; ein schöner Dichroismus in tiefindigblauen und hellblassblauen Tönen ist beobachtet worden.

Bei der Vorbereitung zur chemischen Analyse fand man sowohl an den braunen wie an den blauen Krystallen mehr oder minder reichliche Interpositionen von röthlich durchscheinenden Blättchen und dunklen, schlauchförmig gestalteten Schlackenmassen, sowie noch anhängende Schlackentröpfchen.

Die von K. Brookmann ausgeführte Analyse der nicht vollkommen zu einigenden Krystalle ergab

	für die braunen Tafeln	für die blauen Säulen
CaO	58,01	56
MgO	0,88	—
MnO	—	3
FeO	2,93	6
Fe	—	—
SiO	—	—
CaS	—	—
P_2O_5	38,75	35

Es ergaben sich durch Rechnung

für die braunen Tafeln

$$\left.\begin{aligned} CaO\ \frac{58{,}01}{56} &= 1{,}036 \\ MgO\ \frac{0{,}88}{40} &= 0{,}022 \\ FeO\ \frac{2{,}93}{72} &= 0{,}041 \end{aligned}\right\} 1{,}099$$

$$P_2O_5\ \frac{38{,}75}{142} = \quad 0{,}273$$

für die blauen Säulen

$$CaO = \frac{56}{56} = 1$$

$$P_2O_5 = \frac{35}{142} = 0{,}247,$$

wobei MnO und FeO als fremde Substanzen zugehörig nicht gerechnet wurden.

Aus den vorstehenden Verhältnissen geht auch für die Peiner Schlacke die Existenz des vierbasischen phosphorsauren Kalks hervor und zwar in zwei verschiedenen Varietäten dadurch hervorgebracht, dass für den Kalk Vertreter vorhanden sind.

Trotzdem sprechen die Verfasser der Mittheilung die Voraussetzung aus, dass die Phosphorsäure als Orthophosphorsäure, d. h. als dreibasische Säure vorhanden sein müsse, und construiren, da sie die Unwahrscheinlichkeit einer Verbindung $Ca_3P_2O_8 + CaO$ annehmen, eine ziemlich interessante Struktur-Formel, die theoretisches Interesse hat.

§ 226. Die im Vorstehenden constatirte Zusammensetzung der Thomasschlacke als wesentlich die eines vierbasischen Kalkphosphats führte Hilgenstock zu der folgenden wichtigen theoretischen Betrachtung über die Entstehung der Schlacke im Verlauf des Thomasprocesses. (Vortrag vor der Generalversammlung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute, 27. Juni 1886; Stahl und Eisen 1886, S. 525.)

Hilgenstock betrachtet die gewöhnliche Thomasschlacke als eine Mischung von vorwiegend Kalkphosphat (und Kalksilikat) mit freien Metalloxyden, welche man als im Schmelzfluss der Schlacke gelöst ansehen soll. Ob die Zustände beider Bestandtheile im Heissfluss dieselben sind, wie nach der Erstarrung, ist für den Verlauf des Thomasirens gleichgültig, da Einwirkungen der gewöhnlich in den Schlacken nachgewiesenen Bestandtheile auch in höherer Temperatur nicht eintreten können, indem wohl alle Säuren gesättigt sind und die Metalloxyde einen Ueberschuss bilden. Für den freien Zustand der Metalloxyde in der Schlacke führt Hilgenstock zwei Beweismomente an:

1. die Möglichkeit, durch Glühen der Schlacke die Metalloxyde so schwer löslich zu machen, dass man nachher mit schwachen Säuren sowohl den Kalk als die Phosphorsäure ausziehen kann;
2. die bei der Untersuchung grösserer Schlackenmassen beobachtete Entmischung, wobei sich in den tieferen Lagen des Schlackenblockes ein grösserer Gehalt an Oxyden nachweisen liess, während umgekehrt in den oberen Lagen mehr Phosphorsäure sich vorfand.

Zu 1. wird die Bemerkung gemacht, dass ein Ausfällen von Metalloxyden durch überschüssig vorhandenen Kalk und beim Glühen wohl nicht anzunehmen sei, eine Bemerkung, der man nur beipflichten kann, zumal diese Fällung bereits im heissflüssigen Zustand hätte vor sich gehen müssen.

Zu 2. führt der Verfasser zahlreiche Untersuchungen verschiedener Schlackenblöcke und anderweitige Erfahrungen an, nach welchen auch von aussen nach innen, d. h. der Abkühlung folgend, eine stufenweise Anreicherung mit Phosphat stattfindet, jedenfalls durch den höheren Schmelzpunkt des Oxydflusses bedingt.

Nach weiterer Ausführung der vorstehenden Beweismomente kommt Hilgenstock zu dem früheren Schluss, dem er grosse technische Bedeutung zumisst, dem Satz nämlich, dass sämmtliche Phosphorsäure in der Thomasschlacke als vierbasisches Phosphat vom Kalk (nebenher noch minimale Antheile der Vertreter des Kalkes) vorhanden, und dass hierin die Begründung des hohen Kalkzuschlages zu suchen ist.

Ein Roheisen von rund $3/_{00}$ Phosphor verlangt zu seiner Entphosphorung, minimale Siliciummengen vorausgesetzt, rund $18/_{00}$ Kalkzuschlag, wenn die Reaktion rasch und glatt verlaufen, wenn also der in solchem Fall stets nöthige Ueberschuss an Reaktionsmittel vorhanden sein soll.

Für die Bildung des dreibasischen Phosphats würden sich $8/_{00}$ Kalkzuschlag als ausreichend berechnen, die sich zur Neutralisirung der Kieselsäure auf ca. $9/_{00}$ erhöhen dürften, um sicher zu gehen, also höchstens die Hälfte des erfahrungsmässig erforderlichen Zuschlagsquantums. Ein Ueberschuss von $100/_{00}$ ist aber bei einem so energischen Process, wo das Durchblasen der Luft das intensivste Umrühren bewirkt, nicht gut denkbar, und man würde auch durch diese auf Betriebserfahrungen gestützte Wahrnehmung zur Annahme vierbasischen Phosphats in der Schlacke gedrängt

worden sein, hätten nicht die bereits berichteten chemischen und krystallographischen Untersuchungen die Existenz eines noch nicht gekannten Kalkphosphats dargethan.

Auch für das noch vorhandene Kalksilikat hat Hilgenstock eine gewisse constante Zusammensetzung ermittelt, dieselbe aber nicht näher angegeben, sondern nur gesagt, dass durch diese gleichbleibende Zusammensetzung das Gleichbleiben des Kalkphosphats als vierbasisches mit bewiesen würde.

§ 227. Um nun die Annahme eines vierbasischen Phosphats mit dem Verlauf des Entphosphorungsprocesses in Einklang zu bringen und mit den über die Reducirbarkeit der Phosphate bekannten Erfahrungs- und Grundsätzen, stellt Hilgenstock die fertig entphosphorte Convertercharge zunächst als ein Bad rein metallischen Eisens hin, in Berührung mit geschmolzenem Phosphat. Dann kommt Hilgenstock auf das Finkener'sche Versuchsergebniss zurück, dass dreibasisch phosphorsaures Eisenoxydul, also $Fe_3P_2O_8$, durch rein metallisches Eisen nicht reducirt wird, und führt demnächst einige Aussprüche aus dem vorliegenden Werk an, welche indess nicht im Zusammenhang citirt worden sind und deshalb einen Widerspruch zu enthalten scheinen.*)

Zur Frage der Nichtreduktion des Schlackenphosphats durch das Bad selbst bringt Hilgenstock noch einige interessante Bestimmungen. Man fand bei denselben Chargen

im Stahl	im abgeblasenen Bad	in Granalien, die mit der Schlacke abgegangen waren
0,110/00 P	0,077/00 P	0,047/00 P
0,086/00 „	0,093/00 „	0,034/00 „
0,115/00 „	0,053/00 „	0,060/00 „

Es wurde hiernach in den am längsten mit der Schlacke in Berührung gewesenen Metallportionen eher eine beträchtliche Abnahme des Phosphorgehalts als eine Zunahme constatirt, so dass jede Reduktion der Schlackenphosphate durch Eisen hiernach ausgeschlossen erscheint. Dagegen ergaben die zuerst in den mit sauerer Chamotte abgedeckten Schlackenkasten übergegangenen Granalien Phosphorzunahme, weil hier die sich bildende sauere Schlacke der Isolirung und Reduktion der Phosphorsäure günstig war.

Die in den obigen Untersuchungen zu Tage tretende Verminderung des Phosphorgehalts schreibt Hilgenstock einer weitergehenden Entphosphorung durch die während des Entphosphorungsstadiums sich bildenden Eisenoxydate zu, die in der flüssigen Schlacke frei vertheilt sind.

§ 228. Nachdem diese Untersuchungen von Betriebsprodukten eine Reduktion des in den Schlacken enthaltenen Phosphats durch metallisches Eisen nicht gezeigt hatten, erschien es Hilgenstock von Wichtigkeit, zu untersuchen, ob die von Finkener ermittelte Nichtempfindlichkeit des dreibasischen Eisenoxydulphosphats auch von dem entsprechenden Kalkphosphat getheilt würde.

Hilgenstock fand dabei zu seiner Ueberraschung, dass metallisches Eisen, mit dreibasischem Kalkphosphat auf kalkbasischem Futter eingeschmolzen, noch Phosphor aus dem Phosphat aufnahm (Versuche auf sauerem Futter würden der erforderlichen Beweiskraft ermangelt haben, da hier Siliciumreduktion und Einwirkung des Siliciums auf die Phosphorsäure ins Spiel kommt).

Die Versuchsreihe war folgende:

1.	Eisen und Phosphat auf Kalk	ergab Eisen von	0,37/00 P	
2.	„ „ „ „ Magnesia	„ „ „	0,72/00 „	
3.	„ „ „ „ „	„ „ „	1,08/00 „	
4.	„ „ „ „ Dolomit	„ „ „	0,662/00 „	
5.	„ „ „ „ neutralem Futter mit viel Kalküberschuss	„ „ „	0,27/00 „	
6.	„ „ „ „ „ „ „ wenig „	„ „ „	0,37/00 „	
7.	„ „ „ wobei dem Phosphat vorher 1/00 Kalk zugesetzt und geschmolzen worden war	„ „ „	0,27/00 „	

In allen Versuchen kommt die Reduktion des dreibasischen Kalkphosphats zur Erscheinung; dieselbe ist am schwächsten auf neutralem Futter mit grossem Kalküberschuss und auch in dem Fall, wo das dreibasische Phosphat vorher mit 1/00 CaO zusammengeschmolzen worden war.

Sowie ein geringer Kalküberschuss da ist, wie bei 6., oder der Kalk nur noch im Futter des Apparates existirt, geht die Reduktion etwas weiter. Ist dagegen der Kalk zum Theil oder vollständig durch Magnesia ersetzt, wie beziehungsweise bei 4. und bei 2. und 3., so findet eine doppelt bis dreifach stärkere Phosphatreduktion statt.

*) Zur Richtigstellung muss hier darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Citate sich auf verschiedene Reaktionen beziehen, das eine auf den Reduktionsprocess natürlicher Phosphate und wesentlich durch Eisen und Kohlenstoff, das andere auf das Verbleiben neugebildeter Phosphorsäure in den Schlacken eines Oxydationsprocesses sich bezieht. Beide Behauptungen entsprechen langjährigen praktischen Erfahrungen und können in Folge dessen wohl kaum einen Widerspruch ausmachen, wenigstens für Den nicht, der die betreffenden Stellen vollständig durchliest. Hilgenstock sucht diesen Widerspruch, der eigentlich keiner ist, durch einige Bemerkungen aufzuklären; durch die eine, dass Finkener von einem Eisenoxydulüberschuss bei seinem Versuch nicht rede, dann durch die weitere, dass Eisenoxydzusätze im ersten Stadium der Entphosphorung kühlend wirkten, folglich durch Phosphoreisen reducirt wurden.

Dass bei Versuch 7., wo eine künstliche Herstellung des vierbasischen Phosphats angestrebt wurde, dennoch Reduktion stattfand, gibt Hilgenstock dem Misslingen der beabsichtigten Herstellung und dem Vorhandensein von dreibasischem Phosphat Schuld.

Dass diese Vermuthung richtig, bestätigen Versuche mit den Krystallmassen der normalen Thomasschlacken. Die Versuchsreihe war folgende:

1. Metallisches Eisen (mit 0,04 P) und Krystalle des Schlackenphosphats = 0,088/₀₀ P
2. „ „ „ 0,04 „ „ „ „ „ = 0,084/₀₀ „
3. Kohleeisen (rein) „ 0,04 „ „ „ „ „ = **0,80/₀₀** „
4. Ferromangan „ 0,04 „ „ „ „ „ = **1,10/₀₀** „

Versuch 1. und 2. zeigen eine minimale Reduktion, welche wahrscheinlich durch den noch immer im Eisen nachweisbaren Kohlegehalt bewirkt sein wird.

Aus dem Mitgetheilten geht ziemlich sicher hervor, dass nur ein ganz bestimmtes Kalkphosphat, das vierbasische $Ca_4P_2O_9$, nicht vom Eisen reducirt wird, und dass in Folge dessen das vierbasische Phosphat auch die einzige in der Thomasschlacke zulässige Kalkverbindung sein kann. Das Phosphat $Ca_4P_2O_9$ ist nach Hilgenstock thatsächlich der Träger des Thomasprocesses.

§ 229. Der Verlauf des Thomasirens, wie ihn sich Hilgenstock aus den eigenen und den fremden Versuchen, sowie aus anderweitigen praktischen Resultaten construirt, ist nunmehr so, dass

> Kohlenstoff und Silicium, wie in jedem Converterprocess überhaupt zu Verbindungen oxydirt werden, welche einen Einfluss auf das Metallbad später nicht mehr ausüben und — dass an möglichen Reaktionen nur die der beiden Lösungen, Eisenbad und Schlacke zurückbleiben.

Das Kohlenoxyd entweicht ohne nennenswerthe Reduktionswirkung auf Bad oder Schlacke und die Kieselsäure ist anfänglich als Mangansilikat, später, bei sehr viel höherer Temperatur, als Kalksilikat dauernd in der Schlacke begraben. Hilgenstock nimmt für dieses Kalksilikat den Charakter eines basischen in Anspruch.

In dem Schlackenbade, wie es unmittelbar aus der Oxydation des Phosphors hervorgeht, ist nach Hilgenstock, der sich darin der Ansicht Wedding's anschliesst, der Phosphor als $Fe_3P_2O_8$ vorhanden, da durch den Finkener'schen synthetischen Versuch ein anderes Phosphat, z. B. $Fe_2P_2O_7$ (pyrophosphorsaueres Eisenoxydul) in Gegenwart von glühendem, bezw. flüssigem Eisen ohne Reduktion nicht bestehen kann.

Dieses erst entstandene Eisenoxydulphosphat $Fe_3P_2O_8$, soll nun nach Hilgenstock durch die Einwirkung des Kalkes nicht in die ebenmässige Verbindung $Ca_3P_2O_8$, welche durch Eisen reducirbar sein würde, sondern in das neuentdeckte vierbasische Phosphat $Ca_4P_2O_9$ verwandelt werden, welches jeder Zurückführung des Phosphors in das Bad Trotz bieten kann. Das Eisenoxydul wird durch Phosphoreisen wieder reducirt und bildet von Neuem das Phosphat $Fe_3P_2O_8$, bis der Phosphorgehalt des Bades auf 0,3—0,5/₀₀ heruntergegangen und eine soweit gesteigerte Verdünnung des noch vorhandenen Phosphoreisens eingetreten, dass die Reduktion des FeO unmöglich wird.

Man bemerkte in Hörde auch erst von diesem Zeitpunkt der Entphosphorung an eine Steigerung des Eisengehaltes der Converterschlacke.

§ 230. Die weiteren theoretischen Deduktionen Hilgenstock's übergehend, dürfte nur noch ein Versuch zu erwähnen sein, der darauf hinzielte die Wirkung metallischen Mangans auf das vierbasische Phosphat im Gegensatz zu metallischem Eisen zu untersuchen.

Das Resultat gab keinen sicheren Aufschluss, schien aber dafür zu sprechen, dass Mangan wohl reducirend wirken könne.

Zum Schluss wird in der sehr bemerkenswerthen Abhandlung dahin resumirt, dass die flüssige Thomasschlacke eine Lösung von

Kalkphosphat	Kalksilikat
Metalloxyden	Erdbasen

sein muss, und dass als normale Schlacke eine solche von der Zusammensetzung

FeO	14/₀₀
MnO	5/₀₀
CaO	48/₀₀
MgO	4/₀₀
P_2O_5	20/₀₀
SiO_2	6/₀₀
CaS	1/₀₀

anzusehen sei, wobei die Thonerde als gänzlich bedeutungslos aus dem Spiel bleibt.

Berechnet man aus dieser Annahme die relativen Mengen von Phosphat, Silikat und Erdbasen, so erhält man entweder:

$$Ca_4P_2O_9 + Ca_4SiO_6 \text{ oder}$$

$$Ca_4P_2O_9 + Ca_2SiO_4 + 2 \left\{ \begin{matrix} CaO \\ MgO \end{matrix} \right.$$

je nachdem man das Subsilikat Ca_4SiO_6 oder das Singulosilikat Ca_2SiO_4 als die Verbindungsform von CaO, MgO und SiO_2 ansieht.

Von praktischem Interesse ist noch die Bemerkung, dass sich der Kalkbedarf für ein Roheisen von 3/00 Phosphorgehalt auf pure 11/00 berechnet, dass zwar, ganz abgesehen von der Deckung der vorhandenen und der sich bildenden Kieselsäure, ein gewisser Ueberschuss nicht zu umgehen ist, dass aber endlich dieser Ueberschuss nach den Erfahrungen des Scheibler'schen Processes (Deutsches Reichspatent 34416) nur 2—3/00 zu betragen braucht.

§ 231. Weitere Untersuchungen von Thomasschlacken noch anzuführen, wird kaum die gewonnenen Gesichtspunkte erweitern, es mag deshalb nur noch eine von R. Hasenclever gegebene Zusammenstellung hier Platz finden, da die sehr sorgsame, aber hinsichtlich der Zeitpunkte der Probenahme etwas verfehlte Schlackenuntersuchung Finkener's aus der Hitze 125 von Ruhrort eigentliche Aufschlüsse nicht gewährt und die daran geknüpfte Basicitätsberechnung (Wedding a. a. O., S. 141) der einzelnen Proben auf unmöglichen Annahmen beruht.

In einem die Salzsäureverwerthung betreffenden Vortrag vor dem Aachener Bezirksverein deutscher Ingenieure (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1884, S. 207) bezeichnete R. Hasenclever die von Scheibler angegebene Verwerthungsmethode der Thomasschlacke als eine der neuesten Salzsäureverwerthungen. Dabei führte er die nachstehenden Schlackenanalysen deutscher Werke an:

	Schlacke A	B	C
P_2O_5	16,79	17,23	19,20
SiO_2	7,35	6,60	7,20
CaO	50,66	53,28	49,00
MgO	7,13	2,50	3,75
Fe_2O_3	3,98	4,40	4,83
FeO	7,85	10,66	9,00
MnO	4,71	3,40	4,26
CaS	1,06	1,06	0,92

Man sieht hieraus, dass zwischen diesen als Mittelwerthe bezeichneten Angaben und dem von Hilgenstock für die Hörder Eisenverhältnisse abgeleiteten Durchschnitt ein grosser Unterschied nicht besteht, und es mag hierin ein weiterer Beweis für die Ansicht liegen, dass eine gute Thomasschlacke eben stets das gleiche Verhältniss zwischen Kalk und Phosphorsäure zeigen muss, wenn nicht der Erfolg der Entphosphorung ein unsicherer sein soll.

Abweichungen in der Gesammtzusammensetzung der Schlacke werden dann nur noch bedingt durch nicht zu vermeidende Schwankungen in der Zusammensetzung der verwendeten Roheisensorten, ein Verhältniss, was besonders empfindlich auftritt bei dem unter Beihülfe von Frischschlacken und ähnlichen Abfällen erblasenen Roheisen.

Auch die augenblicklich weiter sich entwickelnde Schlackenverwendung zur Darstellung von Düngemitteln wird voraussichtlich einen Einfluss auf die künftige Zusammensetzung der Schlacken nicht ausüben können, weil eben das Gelingen der Entphosphorung abhängig ist von dem Vorhandensein eines bestimmten, durch das Metallbad nicht reducirbaren Phosphats. Jede in jener Hinsicht vielleicht wünschenswerthe Anreicherung mit Phosphorsäure wird sich daher im unmittelbaren Zusammenhang mit dem Converterprocess durchaus verbieten und könnte, wie das neuerdings versucht worden sein soll, nur mit der vom Metallbad abgegossenen, also davon getrennten Schlacke vorgenommen werden.

Verwerthung der Thomasschlacken.

§ 232. Der Reichthum an Phosphorsäure, den die Thomasschlacke zeigt, hat von Anfang an den Gedanken angeregt, diese Phosphorsäure in irgend welcher Art nutzbar zu machen, und man begegnete bereits in den allerersten Mittheilungen über das Thomasverfahren schwungvoll vorgetragenen Berechnungen der für das Volks- und Staatsvermögen zu rettenden Phosphorsäuremengen einheimischer Erze.

Gehen nun auch diese Vorhersagungen nicht in ihrem vollen Umfang in Erfüllung und wird immerhin eine gewisse Menge Phosphor eingebüsst, so ist in den Schlacken des Processes noch immer so viel Phosphorsäure vorhanden, dass man der Frage wohl näher treten dürfte, ob sich diese Phosphorsäure nicht der Landwirthschaft oder irgend einem anderen Betrieb dienstbar machen liesse, nachdem die Wiederverwerthung im Hochofen sich als nicht vollkommen durchführbar erwiesen hatte.

Anfänglich scheiterten die Versuche an der Ungleichheit der Schlacken von verschiedener Herkunft, denn es gab Schlacken, die in Folge eines Kalküberschusses sich selbst aufschlossen und direkt auf die Felder gebracht werden konnten, während andere ein solches Verhalten nicht zeigten.

Das Scheibler'sche Verfahren, welches von R. Hasenclever in dem bereits angezogenen Vortrage geschildert worden ist, hat zur Gründung einer besonderen Gesellschaft geführt, in welcher sowohl Hüttenwerke und chemische Fabriken als auch landwirthschaftliche Theilnehmer etc. vertreten sind, und welche durch die Trennung der Schlackenverwerthung von der Schlackengewinnung und von der Herstellung der sonstigen Hauptrohstoffe (Salzsäure etc.) die Ausbeutung des Verfahrens ungemein erleichterte.

Das letztere besteht im Allgemeinen aus folgenden Einzelvorgängen:

1. Glühen oder Brennen der Schlacken unter Luftzutritt in kiesbrennerähnlichen Oefen bis zur Bildung von Fe_3O_4 und Mn_3O_4;
2. Behandeln der geglühten oder gerösteten Schlacken mit Wasserdampf, bis ein vollkommenes Zerfallen durch Löschen des freien Kalkes eingetreten ist;
3. Abschlämmen des freien Kalkes durch Wasser;
4. Behandeln des Restes der Schlacke mit verdünnter Salzsäure bis zur Zersetzung der Kalk- und Magnesiasalze;
5. Trennen der Lösung von den zurückbleibenden Eisen- und Manganoxyden von der Form R_3O_4;
6. Fällen der sämmtlichen Phosphate sowie einer geringen Menge Kieselsäure, Eisen und Mangan durch Kalkmilch;
7. Filtriren und Pressen des $35-37/_{00}$ P_2O_5 enthaltenden zweibasischen Phosphats.

Einige andere Vorschläge, z. B. der von Frank (R.-P. 27106), die Schlacken durch Behandeln mit $MgCl_2$ zu zersetzen, den Kalk auszuziehen und die Oxydule in Oxyde zu verwandeln, um schliesslich auf die Herstellung von phosphorsauerer Ammoniakmagnesia hinzuarbeiten, ist noch nicht weiter im Grossen erprobt worden, wogegen das Scheibler'sche Verfahren auf mehreren Anlagen betrieben wird.

Die schon angedeutete Verarbeitung der Thomasschlacke im Eisenhochofen würde nur einen kleinen Theil der Schlackenvorräthe verbrauchen, da die dem Hochofenbetrieb zugänglichen Erzvorräthe eine hinlängliche Anreicherung des Roheisens mit Phosphor gestatten, und da dessen Gehalt nie mehr wie $3/_{00}$ betragen darf.

Neben der Phosphorsäure enthält die Thomasschlacke auch noch die sämmtliche aus den Erzen in das Roheisen übergegangene Vanadiummenge als Vanadinsäure, und es soll sich die Gewinnung derselben unter Umständen lohnen (Mittheilung von G. Witz und F. Osmond in Stahl und Eisen 1882, II, S. 509).

E. Verlauf anderer Frischprocesse.

§ 233. Ausser den im Vorhergehenden beschriebenen Frischprocessen hat man auch solche betrieben, bei denen anstatt der Luft andere ebenfalls Sauerstoff enthaltende und denselben abgebende Substanzen verwendet worden sind.

Die Erzzusätze, die bei verschiedenen Frischprocessen, z. B. dem Puddel- und Converterprocess, angewandt worden sind und noch angewendet werden, bilden bereits eine Art Uebergang zu anderen, womöglich sauerstoffreicheren und dadurch energischer wirkenden Hülfsmitteln.

Der Kreis derselben ist natürlich ein beschränkter, weil der Grossbetrieb nur Rohstoffe von grösserer Verbreitung oder umfangreichem Vorkommen verwerthen kann.

Von den aus der chemischen Technik bekannten und erprobten Oxydationsmitteln sind deshalb, ausser verschiedenen Metalloxyden von schwächerer Wirkung, eigentlich nur salpetersaure Salze und unter diesen fast ausschliesslich nur der Chilisalpeter als Sauerstoffspender verwendet worden.

Da dieselben aber kostspieliger sein mussten als die sonst verwendete Luft und die benutzten Eisen- und Manganerze, so wurde ihre Anwendung stets in Verbindung gebracht mit einer erhofften Werth- und in Folge davon auch Preissteigerung des Produktes.

Man schrieb besonders dem Salpeterfrischen, wie es namentlich Heaton, Hargreaves u. A. vor ca. 15—18 Jahren vorgeschlagen und auch versuchsweise durchgeführt hatten, eine starke entphosphorende Wirkung zu, welche aus zwei Momenten bestehen sollte:

1. der heftigen Oxydation durch die Salpetersäuren;
2. der starken Verwandtschaft der gebildeten Phosphorsäure zum Natron des Salpeters.

Wie auch bei anderen Erfindungen auf dem Gebiet der Darstellung schmiedbaren Eisens wurde die angebliche hochgradige Entphosphorung, die sich indess hinterher nicht bewahrheitete, zu einem Hauptanspruch an die Beachtung Seitens der technischen Kreise.

Die Erfolge der neuen Methoden waren unvollkommen und vermochten nicht zur Nachahmung und zur allgemeineren Einführung zu reizen, obwohl die Theorie sich lange und eingehend mit den

Eigenschaften der so dargestellten Produkte befasst hatte (cf. die Untersuchungen Gruner's über das Heaton'sche Verfahren und über die Eigenschaften phosphorhaltigen Stahles).

Mit der Einführung und weiteren Ausbildung des basischen Verfahrens sind alle derartigen Bestrebungen, andere Sauerstoffträger als die Luft und die mit ihrer Hülfe hervorgebrachten Metalloxyde zu benutzen, aussichtslos geworden, und es haben die betreffenden, an sich interessanten Versuche und Untersuchungen nur noch historisches Interesse, denn sie bezeichnen eine der vielen Etappen auf dem mit grossem Aufwand von Energie und Kapital betretenen Wege, sich im Eisenhüttenwesen vom Phosphor unabhängig zu machen.

Auch die Combinationen mechanischer Puddelmethoden mit starken Erz- und Schlackenfuttern, die Benutzung von Windkrücken beim Puddeln, welche schliesslich der verschiedenen Ausrüstungen wegen als besondere Frischmethoden hingestellt werden können, sind verschwunden und beanspruchen nur noch das Interesse des Historikers. Abgesehen von einzelnen noch brauchbaren Constructionseinzelheiten sind sie für die Technik werthlos geworden und verdienen kaum die Erwähnung in Lehrbüchern.

4. Kapitel.

Theorie und Verlauf der übrigen Darstellungsprocesse.

§ 234. Die übrigen Darstellungsprocesse schmiedbaren Eisens sind meist Mischprocesse, welche sich in sehr verschiedener Weise und in Verbindung mit Frischprocessen, mit blossen Legirungs- und mit eigenthümlichen Kohlungsprocessen abwickeln, dabei zum Theil ziemlich alt, zum Theil ganz neu sind.

Sie gründlich und genau zu systematisiren, ist sehr schwierig, weil in den meisten derselben mehrere Gesichtspunkte chemischer Natur auftreten, und weil dann die strenge Einordnung nach den einzelnen Gesichtspunkten ein Zerreissen der im Betrieb unmittelbar zusammenhängenden, nicht trennbaren Vorgänge bedingt, welches verwirrend wirkt.

Ausser dem im vorigen Kapitel mit berechtigter Ausführlichkeit behandelten Vorgang der Oxydation der Nebenbestandtheile des Roheisens kann man als Grundzüge, als theoretisch herausschälbare Einzelvorgänge noch unterscheiden:

A. Mischungsschmelzen von Roheisen und mehr oder minder vollkommen entkohltem Stahl und Stabeisen, dem Produkt von Frischprocessen verschiedener Art, meist in Form von Abgängen oder Abfällen verwendet, unter Anwendung von Oxydation und späterer Correktion mit Reduktionsmitteln — Siemens-Martinprocesse.

B. Einwirkung von Erzzusätzen auf Roheisen, theilweise unter Mitanwendung kurzer Frischperioden und unter Correktion mit Reduktionsmitteln — Erzstahlprocesse.

C. Theilweise Kohlung von ganz entkohlten Frischprodukten, um kohlereiche harte Stahlsorten herzustellen und mischendes Zusammenschweissen oder -schmelzen der nicht homogenen und deshalb sorgfältig sortirten Kohlungsprodukte — Cementationsprocesse, Gärben und Gussstahldarstellung.

D. Zusammenschmelzen von gefrischtem Stahl, Gärbstahl etc. unter Zusätzen von Roheisen und unter Correktion mit Reduktionsmitteln — Gewöhnliche Gussstahlprocesse.

Die unter C. und D. eingeordneten Darstellungsverfahren werden vielfach, theilweise oder ganz als blosse Vollendungsarbeiten beschrieben, sind aber niemals als solche anzusehen, da bei ihrer thatsächlichen praktischen Ausführung das benutzte Material niemals identisch ist mit dem Produkt. Ein cementirter Schmiedeeisenstab ist ein an sich absolut unbrauchbares Produkt und unterscheidet sich vom Tiegelingot vollkommen, denn der letztere ist homogen und chemisch fertig. Dasselbe gilt von dem Rohstoff sub D., welcher nur in ganz vereinzelten Fällen aus gleichartigen Elementen besteht, die einfach zusammengeschmolzen werden. Meist findet auch hier ein gegenseitiges Abstimmen der Eigenschaften verschiedener Hochofen- und Frischereiprodukte statt, so dass von einer Vollendungsarbeit eigentlich keine Rede sein kann.

Die gewählte Reihenfolge ist keine theoretische, sondern eine nach der Grösse des Betriebsmaassstabes gewählte. Die unter A. und B. gestellten Darstellungsarbeiten werden in zum Theil sehr grossem Maassstab, die unter C. und D. genannten unter kleinerem zur Ausführung gebracht.

A. Theorie und Verlauf des Siemens-Martinprocesses.

§ 235. Nachdem der Franzose Martin bereits Mitte der 50er Jahre vorgeschlagen hatte, durch Zusammenschmelzen von Roheisen und Stabeisen Stahl zu machen, sein Ziel aber nicht erreichte, weil die von ihm projektirten Flammöfen die erforderliche Hitze nicht zu geben vermochten, stellte Will. Siemens dem Erfinder die Benutzung des von ihm vertretenen Regenerativofens zur Verfügung,

mit der Maassgabe, die Verbindung dieses Apparates und des ursprünglichen Martinverfahrens gemeinschaftlich auszubeuten.

Durch die Anwendung des Siemensofens erst gelang der Process vollkommen, aber erst von Mitte der 60er Jahre an, genauer von der 1867er Pariser Ausstellung an, datiren die thatsächlichen Erfolge der heute mit den beiden Namen Siemens-Martin belegten Flusseisendarstellung.

Wedding definirt den Process selber als ein Auflösen von Schmiedeeisen in Roheisen (Schmiedbares Eisen, S. 534 c); in der Wirklichkeit verlaufen aber die Vorgänge nie so einfach, weil die Oxydation sowohl der Schmiedeeisenabfälle als auch des Roheisenbades nie vollständig ausgeschlossen werden kann, also stets ein Frischen eintritt, und weil ferner auch die gleichzeitige Legirung von Stahlabfällen des eigenen oder fremden Betriebes Vortheile bietet, also in entsprechender Weise mit dem ursprünglichen einfachen Verfahren combinirt werden muss. Zu alledem tritt noch als weiteres Moment für die Vielgestaltung des Verfahrens die nothwendig werdende Correktion des nahezu fertigen Bades mit Reduktionsmitteln.

Abgesehen von diesem generellen Verlauf, sind alle möglichen Combinationen in Anwendung, bedingt durch Eigenheiten des Materials, durch bestimmte Anforderungen an die Produkte, durch die Art der Formgebung und Vollendung, so dass **theoretisch** eigentlich äusserst wenig über den Process zu sagen ist, und dass Alles auf eine geschickte Benutzung der gegebenen Verhältnisse ankommt.

Dass man mit diesem langsamer verlaufenden Process, der die Probenahme gestattet, durchschnittlich Produkte von ganz bestimmten Eigenschaften darstellen kann, obwohl so vielerlei Reaktionen dabei mitwirken, ist einleuchtend. Für die Massenfabrikation eines Artikels, z. B. der Bestandtheile des Eisenbahnoberbaues, eignet sich jeder Converterprocess besser, aber für die Herstellung von Stahl- und Flusseisengüssen, von Materialblöcken zu Gegenständen, bei denen grosse Weichheit, Festigkeit und noch andere besondere Eigenschaften von Wichtigkeit sind, ist das Siemens-Martinverfahren vorzuziehen, weil sich mit demselben die Beschaffenheit des Satzes rechtzeitig und in jedem Augenblick erkennen lässt und man also stets berichtigend einschreiten kann.

Man vermag durch Benutzung von Abfällen hochwerthige Produkte hinlänglich billig darzustellen, um auf bestimmtem Feld mit den Converterprocessen den Wettbewerb aufnehmen zu können. Besonders sind es die stärker beanspruchten Elemente von Ingenieurbauten, welche voraussichtlich ihre ausschliessliche Herstellung aus Siemens-Martinöfen erhalten werden, da die ganze Behandlung des Metallbades in diesen Apparaten der Entwickelung vorzüglicher Eigenschaften des Produktes günstiger ist als bei dem stürmischen und unruhigen Converterbetrieb. Unbrauchbare Abfälle der letzteren können im Siemens-Martinverfahren unter geringfügiger Behandlung mit Zusätzen in sehr brauchbare Erzeugnisse umgewandelt werden.

§ 236. Eine Hauptsache bei dem ganzen Siemens-Martinverfahren ist die Erzielung einer sehr hohen Temperatur, um das Metallbad vor dem Einthun der Schmiedeeisenabfälle möglichst zu überhitzen. Obwohl die letzteren zum Theil vorgewärmt werden, sind sie doch nur rothglühend und kühlen in Folge dessen das Bad sofort ab, so dass es erst wieder einer gewissen Wärmezufuhr bedarf, um den früheren Stand der Dinge zu erreichen. Deshalb arbeiten einige Werke mit wiederholten kleinen Zusätzen, während andere mit ein- bis zweimaligen Zusätzen der Abfälle operiren.

Wie sehr die Anforderungen an die Wärmeleistung der Apparate auch bei geringen Schmiedeeisenzusätzen steigen, erhellt aus den Erfahrungen der Giessereien mit dem sogenannten Stirlingmetall, einem durch Verbinden mit 15—20/$_{00}$ Schmiedeeisen verstärkten Roheisen. Im gewöhnlichen Giessereiflammofen mit Planrostbefeuerung lässt sich nur schwer ein homogenes Produkt dieser Art herstellen, wenn man nicht die Dauer der Charge ausserordentlich vergrössert. Wiederholtes Schmelzen der einmal verbundenen Bestandtheile gab schon bessere Resultate, ebenso das Einschmelzen von Barren, in welchen die Abfälle vom Roheisen überlaufen, eingebacken waren.

Energischer wirkt hierbei der Cupolofen, besonders die in neuerer Zeit bevorzugten Systeme, welche gestatten, auch verunglückte Flusseisen- und Flussstahlblöcke mit Roheisensätzen zusammenzuschmelzen und zu verbinden.

Bei allen diesen Verbindungen verschiedener Zustände desselben Metalls reicht aber der blosse Flüssigkeitszustand nicht aus, sondern es muss der höchste Hitzegrad und die grösste Dünnflüssigkeit und Beweglichkeit vorhanden sein, um eine vollkommene Gleichmässigkeit des Produkts zu sichern. Diese beiden Zustände, hohe Hitze und grosse Dünnflüssigkeit, müssen hinlänglich lange andauern, wenn das Ziel erreicht werden soll, und nur die sorgfältigste Probenahme kann das Verfahren leiten. Andere Hülfsmittel sind nicht vorhanden.

Da das Einschmelzen des Roheisensatzes wie auch das Vorwärmen der Zusätze niemals ohne Oxydation abgeht, da der benutzte Apparat ein Flammofen ist und da die Oxydation in dem Bade eine sehr brauchbare Wärmesteigerung hervorbringt, so hat man sich daran gewöhnt, das Roheisenbad etwas zu frischen und eine in dieser Richtung geschehende Einwirkung der die vorgewärmten Abfälle bedeckenden Glühspanrinden nicht zu verhindern.

Man wird dann aber genöthigt, nach eingetretener vollkommener Mischung und Gleichmässigkeit unter möglichster Steigerung der Hitze, mit Spiegeleisen oder Ferromangan den Kohlungsgrad des Bades zu berichtigen.

Gerade die Erfahrungen, welche man in Terrenoire mit dem Verarbeiten alter Schweisseisenschienen im Martinofen gemacht hatte, brachten hauptsächlich die nach und nach gelungene Massendarstellung des Ferromangans zu Wege, weil man in dem gedachten Fall ein kohlearmes Reduktionsmittel brauchte, um den hohen Phosphorgehalt der alten Schienen, aber im neuen Produkt vertheilt, ertragen zu können.

Der einfache Legirungsprocess gekohlten und entkohlten Eisens existirt nicht mehr, und das Siemens-Martinverfahren ist ein ziemlich complicirtes, aus

Schmelzung des Roheisens,
Frischen desselben,
Verbinden oder Lösen der Abfälle im Bade,
Rückkohlen oder Reduciren des Bades

zusammengesetztes, doch in unmittelbarer Folge der Einzelvorgänge verlaufendes Verfahren.

§ 237. Von Interesse für die theoretische Behandlung des Siemens-Martinprocesses ist eine wenig gekannte Arbeit von M. Jungk zu Gleiwitz (daselbst 1884, bei A. Jäger).*)

Zunächst kritisirt der Verfasser die allgemein verbreiteten Vorstellungen über den Process, nach welchen man das Verfahren als einfaches Schmelzen ansehe, welches statt im Tiegel im Flammofen und unter einer Schlackendecke geschehe, so dass sich aus der Summe der in den einzelnen zusammengeschmolzenen Eisensorten vorfindenden Menge von Kohlenstoff, Silicium, Mangan, Schwefel und Phosphor sich die Zusammensetzung und die Beschaffenheit des Produktes annähernd im Voraus berechnen lasse, wie es bei dem Tiegelstahl immer möglich gewesen.

Dies sei allerdings die Absicht der Erfinder gewesen und auch eine ausführbare Absicht, so lange man billiges Schmiedeeisen haben konnte, was in der ersten Zeit der Entwickelung der Flusseisenbetriebe der Fall war.

Heute, wo ausser dem in verhältnissmässig grosser Menge nöthigen Gusseisen fast ausschliesslich Stahlabfälle zur Verwendung kommen, welche den gleichen, oft sogar einen höheren Kohlenstoffgehalt haben wie ihn das Endprodukt zeigen soll, ist nur noch scheinbar und, weil viel mit reducirender Flamme gearbeitet wird, der Verlauf des Verfahrens der gleiche; thatsächlich ist derselbe ein durchaus anderer, und Jungk bezeichnet das Siemens-Martinverfahren als

einen sehr verlangsamten und bei sehr hoher Temperatur sich vollziehenden Puddelprocess (in grösstem Maassstab).

Derselbe verläuft sehr langsam unter Einwirkung reducirenden, d. h. luftarmen Gasfeuers, und wird lediglich getragen durch die Gegenwart der das Bad bedeckenden Eisenschlacke, welche bei dem aus anderen Gründen nöthigen gründlichen Durchrühren des Bades in innigste Berührung mit dem Metall gelangt. Einen grossen Antheil, vielleicht den Hauptantheil an der ganzen Oxydation hat nach Jungk's Ueberzeugung die sehr dicke Glühspankruste der vorgewärmten und in das Bad gebrachten Eisenstücke (die Vorwärmöfen werden fast ausnahmslos mit oxydirender Flamme, d. h. mit Luftüberschuss betrieben).

Durch diese Wirkung erklärt sich auch die rasche Abnahme des Kohlenstoffgehalts, welche nach dem Zusatz der Schmiedeeisenabfälle, die als kleine Stückchen zur Verwendung kommen, beobachtet worden ist, obwohl das Bad in dem Zeitpunkt dieses Zusatzes bereits ziemlich entkohlt ist und diese Zusätze nur zur Beschleunigung des Ganges gemacht zu werden pflegen. Der minimale Kohlenstoffgehalt des Schrotes ist, bei dessen relativ geringer Zusatzmenge, $1—3/_{00}$ des Bades, nahezu ohne jeden Einfluss.

Dass der heutige, vorwiegend mit Roheisen und Stahlabfällen verbundene Siemens-Martinprocess thatsächlich ein Frisch- und kein Schmelzprocess mehr ist, geht nach Jungk auch noch aus dem beständigen starken Kochen des Bades hervor, welche Erscheinung nur durch Bildung und Austreten von Kohlenoxyd verursacht sein kann.

Dass das den gewöhnlichen Flammofenfrisch- oder Puddelprocess charakterisirende Steigen des Eisens beim Eintritt der Gaare im Martinofen nicht beobachtet wird, liegt in erster Linie an der Temperatur des Ofens, welche genügt, auch Schmiedeeisen flüssig zu erhalten und jedes Krümligwerden zu verhindern.

In zweiter Linie tritt der Umstand oft hinzu, dass auch die lange Dauer der Reaktion ein vielleicht vorübergehend mögliches Zusammenballen der alsdann durch die Schlackendecke emporsteigenden Eisenkörnchen unmöglich macht, dieselben sich vermuthlich nur im Bade suspendirt ausscheiden und später durch die Reduktionszusätze wieder leicht gekohlt werden.

*) In Ledebur's sonst sehr vollständiger Literaturübersicht der Flusseisenprocesse (Eisenhüttenkunde, S. 930 u. ff.) ist die Jungk'sche Arbeit nicht angeführt.

§ 238. Nach dem Vorgetragenen erscheint die von Ledebur in seiner Eisenhüttenkunde S. 857 gegebene Definition am plausibelsten, wonach man unter der Bezeichnung Martinprocess die Darstellung von Flusseisen auf dem Herd eines Flammofens versteht, also einschliesslich des Erzverfahrens, welches sub B. besonders betrachtet werden soll, weil es doch etwas veränderte Verhältnisse zeigt, namentlich in seinen neuesten Uebergängen zum direkten Verfahren.

Auch Ledebur betont ganz besonders die nothwendige Ueberhitzung des anfänglichen Roheisenbades, wodurch am leichtesten die rasche Erweichung und Auflösung der Stahl- und Schmiedeeiseneinsätze bewirkt würde, und macht besonders darauf aufmerksam, dass das seines Kohle- und Siliciumgehaltes wegen gegen starke Oxydation mehr geschützte Roheisen eine sehr weitgehende Aufspeicherung der Wärme ohne so grosse Materialeinbusse gestatte, wie sie entstehen würde, wenn man mit den Schmiedeeisen- oder Stahleinsätzen anfangen wollte.

Schon aus diesem Grunde wählt man ein etwas rohgehendes Eisen zum Einsatz im Martinofen, also ein Roheisen mit hohem Kohlenstoff- und Siliciumgehalt, wenn es sich um den gewöhnlichen, auf Sandherd vor sich gehenden Process (im Gegensatz zu dem neuerdings ebenfalls ausgeführten Verfahren auf Kalkherd) handelt. Ein Mangangehalt muss ebenfalls bis zu einem gewissen Grade vorhanden sein, weil er das Bad trotz der Verzögerung der Entkohlung und der hierdurch bedingten Zügelung der Temperaturzunahme dünnflüssig erhält, abgesehen von besonderen Zwecken der Fabrikation, welche ein kohlearmes, aber manganhaltiges Produkt verlangen.

Im Allgemeinen arbeitet man mit einem etwas silicium- und manganhaltigen Eisen bequemer, sobald die Charge nicht zu heiss geht und die Entkohlung verdrängend auf die Entkieselung einwirkt. Man muss im Gegensatz zum deutschen Bessemerprocess die Entkieselung wo möglich vor der Entkohlung durchführen, sobald man weiche, reinste Produkte haben will. Hat man sehr reines silicium- und manganarmes Eisen, so kann man sehr viel heisser arbeiten und muss es auch, um langsamer zu garen.

Im Bezug auf das gegenseitige Verhältniss zwischen dem Silicium- und dem Mangangehalt ist noch zu bemerken, dass ein manganreiches und siliciumfreies Roheisen den **saueren Herd** sehr stark angreifen würde, weil das sich bildende Manganoxydul keine andere Kieselsäure als die des Herdes vorfindet; umgekehrt wird ein bloss silicium-, aber nicht manganhaltiges Roheisen einem **basischen Herd** sehr schaden, weil die sich bildende Kieselsäure ohne Weiteres auf die Bestandtheile desselben einwirken würde.

Nach diesen Maassgaben trifft man nunmehr die Wahl des Roheisens, welches den Umständen nach bis $2/_{00}$ Silicium und $3/_{00}$ Mangan enthält, oder setzt meistentheils ein derartiges Verhältniss aus mehreren Roheisensorten zusammen.

Rücksichtlich des Phosphorgehalts ist in erster Linie zu bedenken, dass auf dem saueren Herd der Phosphorgehalt sämmtlicher Componenten, auf das Gesammtgewicht des schliesslichen Erzeugnisses bezogen, nicht über einen gewissen Satz hinausgehe. Bei der Verarbeitung von phosphorreicheren Materialien muss man eben zum basischen Herd und zu Kalkzusätzen greifen und dabei analog vorgehen, wie beim Thomasprocess, vielleicht noch etwas reichlich, weil dem Flammofenbetrieb die heftige Reaktion des Converterbetriebs abgeht, welche den innigen Contakt des Materials und der Reagentien im höchsten Grad begünstigte.

Verlauf des saueren Siemens-Martinprocesses.

§ 239. Ist der zur Arbeit bestimmte Ofen auf die Schmelzhitze des Schmiedeeisens gebracht, so tritt ein oberflächliches Sintern der Herdmasse ein, welche dadurch eine dichte feste Kruste erhält. Auf diese so vorbereitete Herdfläche setzt man das Roheisen und schmilzt es nunmehr möglichst rasch ein, was eigentlich in relativ kürzerer Zeit als im Puddelofen vor sich gehen muss, aber bis zur vollkommenen Dünnflüssigkeit immerhin 45 Minuten beansprucht. Einen Einfluss hat natürlich hierbei das Verhältniss des Roheisenquantums zur Ofengrösse, und da jenes $8-55/_{00}$ des Gesammteinsatzes betragen kann, so variirt auch die Dauer des Einschmelzens.

Nachdem alle etwaigen Ansätze beseitigt sind und Alles in Fluss sich befindet, wird das Bad möglichst überhitzt und erst, wenn das erreichbare Maximum da ist, mit dem Einsetzen der Abfälle begonnen. Dieses Einsetzen geschieht in einzelnen Posten, welche anfänglich grösser sind und nach und nach an Gewicht abnehmen, weil das Bad selbst wegen seines steigenden Schmelzpunktes einen immer kleiner werdenden Wärmeüberschuss über die Wärme des erforderlichen Flüssigkeitszustandes hinaus besitzt.

Bestimmte Regeln kann man bezüglich des Gewichts der Einzelsätze nicht geben, und ebensowenig lässt sich die Länge der Pausen zwischen den Einsätzen von vornherein feststellen. Auf beide Verhältnisse wirkt die Grösse des Ofens und seine Leistungsfähigkeit in erster Linie ein, und schon deshalb ist eine gewisse Vorsicht bei dem Entwerfen und Dimensioniren der Martinanlagen zu beobachten.

Die gewöhnlich sauere Schlacke muss abgezogen werden, wenn sie eine gewisse Dicke auf dem Bade erreicht oder übersteigt, da sie nur zum Schutze dienen, nicht aber eine starke Eisenverschlackung

hervorrufen soll, was sie unzweifelhaft thun würde, wäre sie in grösserer Menge, als absolut nöthig, vorhanden. Bei niedriger Temperatur ist sie in der Regel eisenoxydulreicher, während sie bei hoher Temperatur sauerer ausfällt.

Es darf mit den Zusätzen nur nach vollkommener Verflüssigung des unmittelbar vorhergehenden Zusatzes weiter vorgegangen werden, und die Pausen müssen stets zum schärfsten Feuern benutzt werden, wenn nicht Verhältnisse darin einen anderen Weg vorschreiben.

Ist der letzte Zusatz eingeschmolzen, so wartet man die Beendigung des Kohlenoxydaustretens ab, um zur ersten Probenahme zu schreiten, welche in Ausschöpfen, Ausgiessen, Abkühlen und Bearbeiten eines kleinen Blockes besteht; diese Probenahme wird wiederholt, bis die gewünschte Qualität da ist. Dann löst man möglichst rasch die in Stücken aufzugebenden Reduktions- und Entgasungszusätze im Bade auf und sticht ab, sobald man sich von deren Lösung oder Schmelzung überzeugt hat.

Da man jetzt wenig mehr mit Spiegeleisen, sondern mit dem ungleich kräftiger wirkenden Ferromangan und Ferrosilicium arbeitet, so sind die Mengen so klein, dass man sie auch in die Giesspfanne werfen kann, nachdem das Bad in letzterer bereits Platz gefunden hat.

Das Zurechtmachen des Ofens folgt unmittelbar auf das Abstechen und besteht in Reinigen und Ausbessern des Herdes sowie in Säubern und sorgfältigstem Verschliessen des Stichloches.

Die ganze Operation dauert 7—8 Stunden, so dass drei Sätze in 24 Stunden ausgeführt werden können; grosse Sätze beanspruchen in den Nebenarbeiten mehr Zeit, und es können davon nur zwei pro Tag beendet werden.

§ 240. In der schon citirten Arbeit theilt Jungk den Verlauf mehrerer Chargen mit, welche vorzügliche Beispiele der Betriebsarbeiten bilden und deshalb hier Platz finden sollen.

Als Rohmaterialien wurde ausser eigenem Spiegeleisen eigenes Bessemerroheisen verwandt, neben englischem Roheisen (Maryport in Cumberland). Eine Durchschnittsprobe hatte ergeben

	für das Bessemerroheisen	für das englische Eisen
Graphit	3,09	3,45
Kohlenstoff	0,97	0,71
Mangan	2,55	0,12
Silicium	1,59	2,37
Phosphor	0,116	0,059
Kupfer	0,249	Sp. } zusammen unter 0,01/00.
Schwefel	0,018	Sp.

Zu diesen Rohmaterialien kamen im Verlauf der Chargen noch Betriebsabfälle zweierlei Art, nämlich Bessemerschienen und Bessemerkopfschienen (älteres Fabrikat). Dieselben hatten bei gelegentlicher Untersuchung ergeben:

	Bessemerschienen und Köpfe der anderen Schienen	Fuss und Steg der zusammengesetzten Schienen
Kohlenstoff	0,4	0,08
Silicium	0,26	0,17
Phosphor	0,1	0,29
Schwefel	n. b.	0,12
Kupfer	n. b.	0,09
Mangan	n. b.	0,07

Diese Analysen können nur als Anhaltspunkte, nicht aber als wirklicher Ausdruck der Zusammensetzung der Chargenbestandtheile gelten.

Zu den beiden Chargen wurden um 3 Uhr Morgens je ein Satz von

300 Kilo eigenem Bessemereisen,
100 „ englischem Bessemereisen,
150 „ eigenem Spiegeleisen

eingesetzt und in 45 Minuten eingeschmolzen.

Sobald Schmelzung und Ueberhitzung eingetreten waren, wurde der erste Zusatz von 350 Kilo Bessemerschienenenden gegeben, der ebenfalls etwa 45 Minuten zum Einschmelzen und Vertheilen gebrauchte. Dann folgten in nahezu gleichen Zeitabschnitten die nachstehenden Sätze:

1 Satz aus 350 Kilo Bessemerschienenenden,
1 „ „ 300 „ Bessemerkopfschienenenden,
5 Sätze „ 300 „ Bessemerschienenenden,
1 Satz „ 300 „ Bessemerkopfschienenenden,
2 Sätze „ 250 „ Bessemerschienenenden,

so dass zusammen ca. 3300 Kilo Abfälle zugesetzt worden waren.

Nach 8 Stunden 40 Minuten, vom ersten Einsatz an gerechnet, wurden 115 Kilo Spiegeleisen zugesetzt und dann der Abstich vorgenommen, der ein Produkt von einer ganz bestimmten Härte (No. 5 der steyrischen Skala) lieferte. Es waren im Ganzen

665	Kilo Roheisen und
3300	„ Abfälle, also
3965	Kilo Material verwendet worden.

Die Produktion scheint nach einigen Rechnungen des Verfassers ca. 3950 Kilo gewesen zu sein (?); direkt angegeben ist sie nicht.

§ 241. Von Interesse sind die Angaben über die nach und nach sich zeigenden Veränderungen in der äusseren Beschaffenheit des Metalls. Vor jedem neuen Zusatz, nachdem also der vorhergehende Zusatz vollkommen geschmolzen oder gelöst und zergangen war, wurde eine solche Probe genommen und beurtheilt.

Die erste Probe nach dem Einschmelzen des Roheisensatzes zeigte eine glatte Bruchfläche, war am Rand stark strahlig und weiss, innen feinkörnig und lichtgrau. Nach dem ersten Schienenzusatz bereits war der Bruch rein weiss und nicht mehr strahlig, sondern körnig (dem des früher als grelles weisses Roheisen bezeichneten Metalls ähnlich), so dass der Graphit als verschwunden angesehen werden konnte.

Von da ab zeigten die späteren Proben pockige und blasige Strukturen und es traten allmälig auch moosartige Krystallbildungen auf. Die strahlige Textur verschwand nach dem zweiten Einsatze vollkommen und das Korn des Bruches zeigte sich beim sechsten Einsatz schon aus dem des feinkörnigen Roheisens in das des feinkörnigen Stahles übergegangen.

Nach dem siebenten Einsatz zeigte die Bruchprobe bereits das Aussehen eines guten, höchst feinkörnigen, aber etwas harten Stahles, so dass man hier füglich den Process hätte unterbrechen können, ohne weitere Zusätze von Spiegeleisen oder Ferromangan zu machen.

Der so geleitete Stahlprocess wäre aber nach Jungk's Angaben nicht allein ein sehr unsicherer, sondern auch ein unökonomischer Process, da gegen die nach der Schilderung des vorigen Paragraphen aufgezählten 11 Einsätze von Abfällen nur 7 verarbeitet worden wären, 4 also ausfielen.

Bei gleichem Roheisensatz würden nur ca. $65/_{00}$ der im Ganzen möglichen Abfälle verarbeitet, was eine ganz erhebliche Minderleistung der Apparate bedeutete.

Beobachtet man den weiteren Verlauf, so zeigt sich nach dem achten Einsatz der Uebergang des Stahls in Flusseisen; der Bruch wird grobkörniger und die schon früher beobachteten Blasen durchsetzen allmälig die ganze Probe. Sie sind mehr und mehr länglich geworden, was nach Jungk als ein Beweis für die Eigenschaft des Metalls angesehen wird, nicht plötzlich zu erstarren, sondern durch einen zähflüssigen Zustand in den festen Zustand überzugehen.

Das schon nach den ersten Zusätzen beobachtete Einsenken der Oberfläche des Probekolbens ist allmälig stärker geworden und erreicht jetzt bereits zwei Drittel des Durchmessers, so dass ein wirkliches „Lunkern“ vorhanden ist.

Die letzte vom bereits fertigen Metall genommene Probe zeigte sich weit glatter als die vorigen, auch nur wenig blasig, dabei in der Mitte eher erhaben, weil der Zusatz des Spiegeleisens das Metall dünnflüssiger macht, als es unmittelbar vorher gewesen ist.

§ 242. Die Zusammensetzung des Metalls war:

Mangan	0,304
Kohlenstoff	0,336
Silicium	0,035
Phosphor.	0,160
Schwefel	0,006
Kupfer	Sp.

Aus dem niedrigen Siliciumgehalt ersieht man, dass die Charge eine möglichst kalte war, denn sonst würde die Oxydation des Kohlenstoffs die des Siliciums gehemmt, bezw. verzögert haben.

Aus dem Vergleich der vorstehenden Analyse mit den Materialanalysen ermittelt Jungk den Umfang der Oxydation bei den Hauptbestandtheilen.

Für das Silicium rechnet er 177 Kilo als in dem Material vorhanden heraus, während das Produkt nur noch 1,38 Kilo enthalten soll; hiernach sind $^{12}/_{13}$ oder über $92/_{00}$ des ursprünglich vorhandenen Siliciums verschlackt worden.

Für den Kohlenstoff rechnet Jungk (bei $4/_{00}$ Durchschnitt im Roheisen, $0{,}4/_{00}$ in den Stahlabfällen und $0{,}1/_{00}$ in den Stegen der Stahlkopfschienen) 38,9 Kilo als in den Ofen gelangt heraus, findet aber im Bade nur mehr 13,3 Kilo oder ca. $34/_{00}$ wieder, so dass $66/_{00}$ oder $^{2}/_{3}$ verbrannt erscheinen.

Der relativ hohe Phosphorgehalt stammt aus den Stahlkopfschienen, in denen bekanntlich das verschiedenartige Material des Kopfes, d. h. Bessemerstahl, und des Fusses, d. h. sehniges Schmiedeeisen, nur durch Grobkorn, d. h. einem phosphorreichen Schmiedeeisen zusammengeschweisst werden konnte.

Obwohl sich bei relativ bedeutender Abnahme des Kohlenstoff- und Siliciumgehaltes ein Phosphorgehalt gestalten lässt, der sonst in der Stahlfabrikation als ausgeschlossen gilt, so geht man doch unter den hier charakterisirten Verhältnissen nicht gern über die angegebene Gehaltsziffer von 0,16/$_{00}$ hinaus. Bei der Verarbeitung von phosphorreichen alten Schmiedeeisenschienen mit pptr. 0,30/$_{00}$ Phosphor hat man in Terrenoire erst dann brauchbare Produkte erzielen können, als man auf geringe Kohlenstoffmengen in den hochmanganhaltigen Reduktionsmitteln herabgekommen war.

§ 243. Für die theoretische Betrachtung des Processes ist noch die von Jungk mitgetheilte Wandlung und Natur der Schlacke von Wichtigkeit. Dieselbe, von welcher vor jedem neuen Einsatz ebenfalls eine Probe genommen worden ist, war unmittelbar nach dem Roheiseneinschmelzen nur in geringfügiger Menge vorhanden, sehr zähflüssig, rein braun und glich einer Bessemerschlacke. Auch nach dem ersten Abfallzusatz war die Schlacke noch nicht dünnflüssiger, war aber dunkler geworden und enthielt eingemengt Glühspan und Eisenkörner. Jedenfalls war sie (nach Jungk's Ausdruck) durch das Aufbrennen des neuen Bodens entstanden und wurde nach und nach durch die Aufnahme des Glühspans der vorgeglühten, in Rothgluth eingesetzten Eisen- und Stahlbarren verflüssigt.

Der vollkommene Flüssigkeitszustand trat erst nach dem dritten Einsatz auf; die Schlacke wurde dabei blass und enthielt viele Stahlkörner, die sich zunächst noch vermehrten, und deren Vorkommen auf die Energie der Reaktion im Metallbade hinweist. Erst nach der fünften Probe war die ganz dunkel gewordene Schlacke so dünnflüssig, dass die emporgeworfenen Stahlkörner sich rasch wieder mit dem Bade vereinigen konnten, und dass die Gasblasen entwichen, ehe die Schlacke erkaltete; von da an änderte sich das Aussehen der Schlacke bis zum Schluss nicht mehr.

Da Jungk eine besonders rasche Zunahme der Schlackenmenge bei Probe 4 und 5 beobachtet hatte, so glaubt er den Schluss ziehen zu dürfen, dass in den ersten 90 Minuten des Schmelzens wesentlich nur der Uebergang des Graphits in den Zustand des chemisch gebundenen Kohlenstoffs erfolge, und dass erst später eine Oxydation des Kohlenstoffs und des Siliciums eintritt.*)

Die von den beschriebenen Chargen ablaufende Schlacke zeigte nachstehende Zusammensetzung:

SiO_2	50,18	
P_2O_5	0,020	= 0,009/$_{00}$ P
S	0,014	
FeO	25,75	= 21,07/$_{00}$ Fe
Al_2O_3	2,61	
MnO	20,44	= 16,64/$_{00}$ Mn
CaO	0,62	
MgO	0,17	

Zu dieser Analyse wird bemerkt, dass sowohl Eisen als Mangan durchweg als Oxydul angenommen worden sind, da ja doch ein fortwährender Contakt mit dem reducirend wirkenden Bad vorauszusetzen sei, und da die Heizgase auch vorwiegend reducirend gehalten würden; zudem wird das vielleicht nachweisbare Vorhandensein eines Restes von Eisenoxyd als ohne Belang für die Untersuchung angesehen.

Schwefel und Phosphor sind nur in ganz geringen Mengen vorhanden, wobei zu bemerken ist, dass auch im Metall selbst die Schwefelmenge sehr gering gefunden ist (was auf möglichstem Vermeiden aller schwefelhaltigen Materialien beruht).

Die kleinen Mengen Erden und alkalische Erden stammen aus den Ofenbaumaterialien, die Kieselsäure aus dem Herdsand und von der Siliciumoxydation.

§ 244. Zur Vervollständigung des von Jungk mitgetheilten, dem Betrieb des Phönix entnommenen Materials zur Beurtheilung des Siemens-Martinprocesses mag hier noch das Resultat der von Dr. Jul. Kollmann publicirten Untersuchungen des betreffenden Processes zu Oberhausen folgen (cf. Zeitschrift des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen 1880, S. 211).

Man verarbeitete zu jener Zeit Einsätze von

400	Kilo	grauem Roheisen,
3000	„	Flusseisenblockenden,
1000	„	Flusseisenblechabfällen,
600	„	Schweisseisenblechabfällen,

deren Zusammensetzung die nachstehende war:

	Roheisen	Blockenden	Flusseisenblechabfälle	Andere Blechabfälle
C	4,05	0,23	0,16	0,03
Si	2,50	0,40	0,20	0,00
P	0,08	0,10	0,10	0,02
S	0,02	Sp.	Sp.	0,00
Mn . . .	3,5	0,80	0,50	0,00

*) Wenn genug Metalloxyde vorhanden sind, um die zu oxydirenden Elemente aufzusuchen.

Daraus ergab sich für den 5000 Kilo betragenden Einsatz eine Durchschnittszusammensetzung von

C	*Si*	*P*	*S*	*Mn*
0,497	0,48	0,089	0,016	0,86

wobei natürlich das zuletzt hinzugefügte Eisenmangan nicht gerechnet wird.

Nach Verlauf von 7—8 Stunden, nachdem das Metall vollkommen geschmolzen, stark überhitzt und in lebhaftes Wallen gerathen war, ergab sich die nachstehende Zusammensetzung:

C	*Si*	*P*	*S*	*Mn*
0,06	0,15	0,09	0,02	Sp.

so dass von den Nebenstoffen verbrannt worden waren:

an Silicium 69/$_{00}$
„ Kohlenstoff 88/$_{00}$
„ Mangan 100/$_{00}$

während die anderen Bestandtheile eine Herabminderung nicht zeigten.

Der verhältnissmässig grössere Kohlenstoffverbrand lässt auf eine höhere Anfangstemperatur schliessen, wenn man nicht mit Ledebur eine hohe Endtemperatur und die damit verbundene Siliciumreduktion aus dem Herdfutter als Grund für den verhältnissmässig grösseren Siliciumrückhalt annehmen will.

Um das Silicium grösstentheils zu beseitigen, wurden nunmehr 300 Kilo Moktaerze hinzugesetzt, also nur ca. 6/$_{00}$ des Einsatzes (so dass man dieses Verfahren nicht zu den eigentlichen Erzstahlprocessen rechnen kann), und zeigte sich dann die Zusammensetzung wie folgt:

C	*Si*	*P*	*S*	*Mn*
0,05	Sp.	0,09	0,02	Sp.

Der nunmehr folgende Zusatz von Eisenmangan mit

4,65 *C* 0,14 *Si* 0,20 *P* Sp. *S* 60 *Mn*

veränderte die Zusammensetzung des Bades wie folgt:

C	*Si*	*P*	*S*	*Mn*
0,10	Sp.	0,09	0,02	0,37

während bei Nichteinwirkung des Sauerstoffes aus dem Bade die Zusammensetzung sein müsste:

C	*Si*	*P*	*S*	*Mn*
0,113	0,002	0,091	0,02	0,83

Danach wirkte das Mangan fast ausschliesslich als Desoxydationsmittel.

§ 245. Zur Charakteristik des Siemens-Martinverfahrens mag noch hervorgehoben werden, was andere Schriftsteller darüber sagen.

Jeans (Steel, its history etc., p. 100) gibt an, dass in England die Einsätze meist kalt in den Ofen gelangten, aber zuerst auf die Feuerbrücken gesetzt wurden, um in der abziehenden Flamme vorgeheizt zu werden; erst beim Erreichen der Schweisshitze wurden sie in das Bad selbst gethan und eingerührt. Ganz ähnlich wurde auch mit dem 6—9/$_{00}$ betragenden Spiegeleisenzusatz verfahren, der auch erst kurze Zeit auf einer der Feuerbrücken aufgestapelt wurde, um dann rascher im Bad zu zergehen.

Dagegen sei es die eigentliche Martin'sche Praxis, welche auf vielen continentalen Werken befolgt werde, alle Materialien in einem besonderen Vorwärmofen vorzubereiten und sie rothwarm in den Schmelzofen zu bringen. Als einziger Vorzug dieser Art von Betrieb, den vermehrten Anlagekosten und Löhnen gegenüber, ist ein geringerer Gasconsum im Schmelzofen, eine gleichmässigere Hitze in demselben und die Möglichkeit, auch ohne fortwährende scharfe Controle die Gewölbe intakt oder längere Zeit haltbar zu erhalten.

Hinsichtlich der Menge der Abfälle, die man zu verarbeiten pflegt, gibt Jeans an, dass selbige die drei- bis zehnmalige Menge des Roheisensatzes betrügen, dass sich das Verhältniss indess nach den Eigenschaften der Materialien richte.

Handelte es sich beispielsweise darum, in einem recht leistungsfähigen Ofen, der mit einer recht neutralen Flamme arbeitet, Bessemerstahlabfälle von 0,3—0,4/$_{00}$ Kohlenstoffgehalt mit grauem Roheisen No. 1 zu verarbeiten, so könne man mit den Abfällen bis zum Zehnfachen des Roheisens gehen.

Will man andererseits weiches Puddeleisen mit Roheisen No. 3 zusammenbringen, so kann man ebenfalls bei bester Leistung des Ofens nur drei- bis viermal soviel Schrot als Roheisen verarbeiten; sticht die Flamme und ist der Ofen überhaupt nicht gut gebaut, so muss man noch vorsichtiger sein.

Die Dauer der Schmelzungen ist auch in England 7—8 Stunden, so dass man 100—120 Tons Blöcke als eine schöne Wochenproduktion pro Ofen anzusehen pflegt. Der Materialverbrauch ist bei Bessemerstahlabfall und Hämatiteisen No. 3 etwa 105 Tons pro 100 Tons Produkte und 13—14 Centner Kohlen pro Ton.

§ 246. Lilienberg u. A. theilen über den Siemens-Martinprocess zu Graz in Steyermark Folgendes mit (Jernkontorets Annaler 1879, S. 488, und Zeitschrift des Steyerischen und Kärnthener Vereins 1880, S. 397).

Die Einsätze bestehen aus 25,5—28,7$/_{00}$ grauem Roheisen, 42,5—63,7$/_{00}$ alten Eisenbahnschienen, 8,2—26$/_{00}$ Abfällen und schliesslich 2,5—3,4$/_{00}$ Spiegeleisenzusätzen.

Die Durchschnittszusammensetzung derselben war

	C	1,3
	Si	0,5
	P	0,1
	Mn	1,1
während die Blöcke enthielten	*C*	0,3
	Si	n. b.
	P	0,1
	Mn	0,2

Danach sind vom Kohlenstoffgehalt 1$/_{00}$ des Metallgewichtes oder 77$/_{00}$ des ursprünglichen Gehaltes verbrannt worden, während der Mangangehalt um 82$/_{00}$ seiner ursprünglichen Menge zurückgegangen ist.

Diesem Faktum gegenüber ist es von Interesse, darauf hinzuweisen, dass man 1867 gerade für Steyermark die Einführung des Martinprocesses als ein Mittel betrachtete, die weissen, in dortiger Gegend current fabricirten Roheisensorten in ausgedehnterem Maasse zu verwenden, als es beim Bessemern möglich gewesen war. Sehr bald überzeugte man sich indessen, dass Mischungen von Spiegeleisen oder Weissstahl mit Schmiedeeisen nicht gelangen, weil beide Bestandtheile zu sehr verschieden waren und eine gleichartige Mischung nicht ergeben wollten. Nachdem auch hier der Martinprocess zu einem Abfallverwerthungsverfahren mit Roheisenfrischen geworden war, griff man naturgemäss zu einem sehr rohgehenden, aber graphitischen Eisen, weil man fand, dass der Graphitgehalt unmittelbar vor den zugesetzten Abfällen aufgenommen wurde, und dass eine bessere Mischung eintrat.

§ 247. Eine Reihe von Details, die sich auf den Betrieb der Martinöfen des Stahlwerkes Alexandrowsky bei St. Petersburg beziehen, ist nach den Jernkontorets Annaler 1882, auszüglich in Stahl und Eisen 1882, S. 478 wiedergegeben und von vielem Interesse, da die meisten Rohmaterialien bekannter Art sind.

Zur Verwendung kamen in der ganzen Zeit bis 1881:

englisches Hämatiteisen mit 3$/_{00}$ *C*, 1,9 *Si*, 0,035 *S*, 0,078 *P*,
guter englischer und französischer Schrot (Schienenenden, Radkränze etc.),
eigener Schrot (cassirte Schienen, Enden, Martinschrot),
alte russische Eisenschienen mit 0,3$/_{00}$ *P*,
schwedisches Spiegeleisen (Schysshyttan) mit 8—15$/_{00}$ *Mn*,
Ferromangan (Terrenoire) mit 60—80$/_{00}$ *Mn*,
Kieselmangan (Terrenoire) mit 4—10$/_{00}$ *Si*.

Ausserdem wurde gelegentlich mit Zusätzen guten schwedischen Eisenerzes gearbeitet, und zur Gaserzeugung benutzte man gute englische Kohlen.

Um den alten Eisenschienenvorrath möglichst zu bewältigen, arbeitete man anfänglich mit einem Satze von

20$/_{00}$ Roheisen,
37$/_{00}$ Stahlschrot,
40$/_{00}$ alte Schienen,
3$/_{00}$ Manganeisen

und erhielt dadurch Schienen von 0,15—0,20$/_{00}$ *P*, nahezu 0,25$/_{00}$ *C* und 0,45$/_{00}$ *Mn*, welche aber die klimatischen Einflüsse nicht aushielten, sondern bei der strengen Winterkälte brachen.

Dies veranlasste, einen Satz von

15$/_{00}$ Roheisen,
66$/_{00}$ Stahlschrot,
15$/_{00}$ alte Schienen,
1$/_{00}$ Spiegeleisen,
3$/_{00}$ Manganeisen

anzuwenden, welcher nunmehr Schienen von 0,08—0,1$/_{00}$ *P*, Spuren von *Si*, 0,3—0,4$/_{00}$ *C* und 0,8—0,9$/_{00}$ *Mn* lieferte.

Den Gang der Chargen, die Pausen zwischen den einzelnen Einsätzen, die Vertheilung der letzteren, die Dauer des ganzen Schmelzens etc. ersieht man am besten aus den folgenden beiden Tabellen, von denen die erstere eine Chargenreihe aus dem sieben Ton-Ofen, die zweite eine solche aus dem neun Ton-Ofen betrifft.

A. Chargenreihe des sieben Ton grossen Ofens.

Einsätze	Chargennummern															
	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
	Zeit	Kilo	Zeit	Kilo	Zeit	Kilo	Zeit	Kilo	Zeit	Kilo	Zeit	Kilo	Zeit	Kilo	Zeit	Kilo
Roheisen. . . .	12.40	1000	7.15	1000	1.20	1000	7.15	1000	2.15	1000	8.15	1000	2.20	1000	8.20	1000
Eisenschienen .	—	500	—	500	—	500	—	650	—	500	—	500	—	500	—	500
Martinschrot. .	—	650	—	330	—	500	—	570	—	500	—	250	—	500	—	570
Bessemerschrot	—	1230	—	1880	—	1800	—	1640	—	1880	—	1880	—	1880	—	1880
Eisenschienen .	3.—	650	9.15	650	3.20	650	9.25	500	4.—	650	10.—	500	4.20	500	10.30	500
Bessemerschrot	3.20	820	9.40	820	4.—	650	10.10	820	4.30	650	10.30	980	4.50	500	10.50	650
do.	3.50	650	10.20	650	4.30	650	10.35	650	5.20	820	11.10	820	5.10	820	11.45	650
Martinschrot. .	4.30	650	10.40	650	5.—	500	11.—	500	6.—	500	11.50	650	5.45	650	12.15	650
do.	5.15	500	11.—	330	5.20	330	11.20	330	—	—	12.10	330	6.—	410	—	—
Spiegeleisen . .	5.35	70	11.20	70	5.35	70	11.40	70	6.25	100	12.20	100	6.25	100	1.10	100
Manganeisen .	5.45	200	11.35	200	5.50	200	12.—	200	6.35	200	12.30	200	6.50	200	1.30	200
Abstich	6.—	—	11.50	—	6.—	—	12.15	—	6.45	—	12.45	—	7.10	—	1.45	—
Summa Kilo:	—	6920	—	7080	—	6850	—	6930	—	6800	—	7210	—	7060	—	6700
Summa Zeit:	5 St. 20 M.	—	4 St. 35 M.	—	4 St. 40 M.	—	5 St. —	—	4 St. 30 M.	—	4 St. 30 M.	—	4 St. 50 M.	—	5 St. 25 M.	—

B. Chargenreihe des neun Ton grossen Ofens.

Einsätze	Chargennummern															
	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
	Zeit	Kilo	Zeit	Kilo	Zeit	Kilo	Zeit	Kilo	Zeit	Kilo	Zeit	Kilo	Zeit	Kilo	Zeit	Kilo
Roheisen. . . .	12.15	1150	6.20	1150	1.20	1150	7.45	1150	1.10	1150	6.40	1150	1.40	1150	7.35	1150
Alte Schienen .	—	1480	—	1480	—	1480	—	1480	—	1480	—	1480	—	1150	—	1150
Martinschrot. .	—	410	—	820	—	980	—	—	—	—	—	490	—	820	—	250
Bessemerschrot	—	2300	—	1800	—	1970	—	2790	—	2950	—	2460	—	1970	—	2870
Martinschrot. .	2.15	1150	8.40	1150	3.20	1150	9.30	1150	3.—	980	9.—	660	3.50	1150	9.30	980
Bessemerschrot	3.—	820	9.10	980	4.10	820	10.—	820	3.40	820	9.40	980	4.25	980	10.05	820
Martinschrot. .	3.40	820	9.40	660	4.50	330	10.30	660	4.10	660	10.30	660	5.15	660	10.50	820
do.	4.25	500	10.10	330	—	—	—	—	—	—	10.50	490	—	—	—	—
Spiegeleisen . .	4.35	80	10.30	80	5.25	110	11.—	110	4.25	110	11.10	110	5.30	110	11.10	110
Manganeisen .	4.45	250	10.45	250	5.55	250	11.25	250	4.40	250	11.25	250	5.50	250	11.25	250
Abstich	5.—	—	11.—	—	6.10	—	11.45	—	5.—	—	11.40	—	6.10	—	11.45	—
Summa Kilo:	—	8960	—	8700	—	8240	—	8410	—	8400	—	8730	—	8240	—	8400
Summa Zeit:	4 St. 45 M.	—	4 St. 40 M.	—	4 St. 50 M.	—	4 St. —	—	3 St. 50 M.	—	5 St. —	—	4 St. 30 M.	—	4 St. 10 M.	—

§ 248. Lag die Veranlassung vor, einen grösseren Roheisensatz neben weniger Schrot zu führen, so setzte man, da es dem Bad alsdann an Oxyden fehlte, Eisenerz zu und benutzte ein 55 $^0/_0$ schwedisches Eisenerz, welches etwas quarzig, sonst aber frei von Unreinheiten war.

Der angewandte Satz bestand aus

36,0 $^0/_0$ Roheisen,
14,0 $^0/_0$ Eisenschienen,
37,5 $^0/_0$ Schrot (Stahl-),
8,0 $^0/_0$ Eisenerz,
1,0 $^0/_0$ Spiegeleisen,
2,5 $^0/_0$ Ferromangan.

Nachdem Alles eingeschmolzen war, brachte man das schwach rothglühende Erz in Posten von 120 Kilo und in Zwischenräumen von 10 Minuten ein, bis die Stahlqualität die verlangte geworden war. Während die Proben vor dem Erzzusatze auf einen Schlag brachen und einen sehr feinkörnigen Bruch hatten, zeigten sie später einen mehr und mehr grobkörnigen Bruch, und nach Zusatz von etwa $^2/_3$ des

Erzquantums konnte man die Stäbe ohne Bruch umbiegen. Gegossen wurde unmittelbar nach dem Spiegel- und Ferromanganzusatz.

Man beobachtete bei diesem mit Erzzusatz ausgeführten Verfahren, dass das Erz nur zum kleinen Theil reducirt worden war und zum grossen Theil verschlackte, und dass in Folge dessen die Schlacke sehr oxydreich und fressend wurde, so dass überhaupt nur 15 Chargen dieser Art abgeführt wurden. Ein basisches Futter würde naturgemäss praktischer gewesen sein.

§ 249. Von Interesse ist noch die in Alexandrowsky ausgeführte Darstellung blasenfreier Gusswaare aus Siemens-Martinstahl und werden hierüber nachstehende Angaben gemacht.

Die Methode ist der in Terrenoire erprobten Darstellungsweise nachgebildet, mit kleinen, durch die Rohmaterialien sowie das eigentliche specielle Ziel der Fabrikation bedingten Abänderungen.

Anfänglich sollten nur panzerbrechende Geschosse für die russische Marine hergestellt werden; später ging man dazu über, Gussstücke aller Art zu fabriciren.

Die Beschickung hierzu besteht aus:

Hämatitroheisen	5,4/00
Blöcke und cassirten Geschossen	21,6/00
Bessemerschrot	52,5/00
Spiegeleisen (Schweden) mit 12/00 *Mn*	10,7/00
Ferromangan mit 62/00 *Mn*	0,7/00
Ferromangansilicium mit 4,36/00 *Si*	9,1/00

Der durchschnittliche, also normale Verlauf einer Charge ist folgender:

Eine Stunde nach geschehenem Abstich besetzt man den in Ordnung gebrachten Ofen mit 250 Kilo Roheisen, 1000 Kilo alten Geschossen und Blöcken aus früheren Güssen, 1750 Kilo Bessemerschrot, 250 Kilo schwedischem Spiegeleisen — zusammen also mit 3250 Kilo Rohmaterialien (nicht 2650 Kilo, wie Dr. L. in Stahl und Eisen a. a. O., S. 481 sagt).

Wenn dieser Satz nach 1¾ Stunden niedergeschmolzen ist, werden 500 Kilo starker, roth vorgewärmter Schrot zugesetzt, nach 25 Minuten dauerndem Schmelzen weitere 500 Kilo und nach 15 Minuten langem Schmelzen die letzten 300 Kilo vorgewärmter Schrot gegeben.

Zwei vor dem letzten Einsatz bereits genommene Proben, auf 5 mm Dicke ausgeschmiedet und gebogen, müssen sich vollkommen weich zeigen, sonst muss das Bad noch länger kochen gelassen werden.

Haben die Proben dagegen die gewünschte Weichheit, so kann zur Entgasung geschritten werden, welche zunächst einen Zusatz von 35 Kilo Manganeisen erfordert, welche in wenigen Minuten aufgelöst sind. Nach sorgfältigem Umrühren wird aufs Neue Probe genommen, und gleich darauf werden weitere 425 Kilo Kieselmanganeisen und 250 Kilo Spiegeleisen in rothwarmem Zustand nachgesetzt, worauf zum Abstich geschritten werden kann.

Ausser den Geschossen macht man auch sonstige Gegenstände aller Art aus dem so dargestellten Metall, z. B. Zahnräder, Walzen, Weichentheile etc., welche dann wie jede andere Gusswaare in Formkasten eingeformt werden.

Die Formmasse muss natürlich eine weit grössere Feuerbeständigkeit haben als für gewöhnlichen Eisenguss, und besteht jetzt aus einem Theil Graphit und vier Theilen feinem rothen Formsand. Indessen bildet man nicht die ganze Masse der Form daraus, sondern umgibt nur das Modell mit einer ca. 50 mm starken Lage davon und stampft gewöhnlichen Formsand dahinter. Die Gussflächen werden ausserdem noch sorgfältig mit einer Graphitschlichte überstrichen und geglättet, um das Anbrennen zu verhüten.

Je kühler man giesst, um so besser wird das Aussehen der Gegenstände sein; so werden die kleineren Objekte, zu deren Anfertigung der Stahl nochmals in eine kleinere Pfanne gelangt, viel glattflächiger als die grösseren, unmittelbar vom Ofen gegossenen.

Verlauf des basischen Siemens-Martinprocesses.

§ 250. Nachdem die Entphosphorung im basischen Converter gelungen war, konnte es nicht auffallen, wenn man sich auch mit dem Gedanken befasste, dasselbe Ziel im Flammofen zu verfolgen und auch in diesem Apparat auf basischem Herd zu arbeiten.

Das Verfahren selbst unterscheidet sich äusserlich kaum von dem auf sauerem Herd verlaufenden, der Hauptunterschied liegt in dem Bau, d. h. in der Ausstattung des Ofens selbst, welcher etwas anders dimensionirt werden muss und auch hinsichtlich der Armaturen und der Ausfütterung besondere Vorsichtsmaassregeln und Vorkehrungen erfordert, welche beim saueren Process nicht nöthig scheinen.

Beim Anheizen eines solchen aus basischer, wie bei den Convertern mit Theer angemachter Chamotte ausgestampften Ofens muss das rasche Wegbrennen des Theers vermieden werden; derselbe

muss vielmehr so entgasen, dass sein Rückstand die Kalk-, bezw. Dolomittheilchen fest miteinander versintert. Um diese Erscheinung zu erhalten, bedeckt man die basischen Wände mit Eisenplatten oder Schienenenden; die Herdfläche selber kann man am besten durch Beschütten mit theerfreiem gebrannten Dolomit schützen, dem man zur besseren Frittung einen kleinen Theil Dinas- oder anderen Chamottemehls zugesetzt hat.

Ist der Ofen in Hitze, so wird je nach der Beschaffenheit des Roheisens (Silicium- und Phosphorgehalt) ein bestimmter Procentsatz des Roheisensatzes an gebranntem Kalk auf der Herdfläche ausgebreitet, das Roheisen darauf gesetzt und darauf dann so viel Abfälle wie möglich, am besten der ganze Einsatz, gegeben.

Nach Verlauf von mehreren Stunden ist das Metall so weit niedergeschmolzen, dass die erste Schlacke, welche sauer ist und die ganze Kieselsäure aus dem Roheisensilicium enthält, abgestochen, bezw. abgezogen werden kann. Es ist diese Entfernung der ersten Schlacke schon durch Rücksicht auf die Haltbarkeit des Herdes geboten, der sonst sehr rasch angefressen wird.

Sobald der Schrot ganz eingeschmolzen ist, wird abermals Schlacke gezogen und eine Probe genommen, die möglicher Weise befriedigende Resultate geben kann. Findet man aber noch einen zu hohen Phosphorgehalt, so muss nochmals basischer Zuschlag und ein Oxydationsmittel zugesetzt werden. Das letztere ist dann gewöhnlich reines Eisenerz oder mit Kalk gebundener und zu Ziegeln gepresster Walzsinter. Diese Zusätze wirken aber nicht allein auf den noch ermittelten Phosphorrückhalt, sondern auch auf den Rest Silicium, den das Bad zeigt.

Sobald das Kochen aufgehört hat, mischt man das Bad durch Umrühren möglichst gut, nimmt nochmals Probe und zieht die letzte, ziemlich steife Schlacke ab. Durch Einsetzen und Schmelzen einer kleinen Menge guten Hämatiteisens vor der Feuerbrücke kann man das Metall, wenn nöthig, entgasen, worauf dann die Reduktion durch Ferromangan oder ähnliche Substanzen erfolgt.

Wegen der Beschaffenheit der Futtermaterialien ist bei dem basischen Verfahren im Siemens-Martinofen der Zeitaufwand für Untersuchung und Reparatur des Herdes und Ofens grösser als für den saueren Process. Der Verschluss des Stiches und alle ähnlichen Arbeiten müssen dabei mit noch grösserer Sorgfalt geschehen als bei dem ursprünglichen Verfahren.

Theoretisch kann man über den Process ziemlich dasselbe sagen wie über den basischen Converterprocess; die Entphosphorung kann sehr weit getrieben werden, wenn auch meist unter Zuhülfenahme oxydirender Mittel (Erze etc.). Die Schlacke ist aber jedenfalls nicht die gleiche wie bei dem Thomasverfahren, da sie leicht Phosphor an das Bad zurückgibt, wenn die Reduktionsmittel zugesetzt werden.

Die Entschwefelung gelingt nicht immer in dem erwünschten Maasse, weshalb auf möglichst schwefelfreie oder schwefelarme Materialien zu sehen ist.

§ 251. Einige praktische Angaben gibt die schon citirte Arbeit über die Alexandrowskyer Stahlwerke, denen durch die Erhöhungen der russischen Einfuhrzölle die Verwendung gutartiger Bessemerabfälle aus dem Ausland abgeschnitten worden ist, und welche nun auf einheimischen Schrot angewiesen waren. Da derselbe in genügender Menge und in guter Beschaffenheit in dem betreffenden Theil von Russland nicht zu beschaffen ist, war man auf die häufiger vorkommenden abgenutzten, phosphorhaltigen Eisenbahnschienen angewiesen und auf geringeres Roheisen. Man entschloss sich, das basische Verfahren einzuführen und ausserdem geringe Erzzusätze zu geben.

Man stellte zusammen:

6,7/$_{00}$	Eisenerz,
6,7/$_{00}$	Kalk,
25,0/$_{00}$	Clevelandroheisen,
4,5/$_{00}$	alte Coquillen (guter Gussschrot),
44,5/$_{00}$	Schienenschrot;
6,7/$_{00}$	Cumberlandroheisen,
5,4/$_{00}$	Spiegeleisen,
0,5/$_{00}$	Manganeisen.

Das Eisenerz mit 48/$_{00}$ Metall ist ein eigentlich ungeeignetes Material, da es ein sauerer quarzstreifiger Rotheisenstein ist; „aber einmal gekauft, muss er auch verarbeitet werden“, sagt der Bericht. Im Clevelandroheisen sind 1,62/$_{00}$ *P*, während die Coquillen 0,75/$_{00}$ und der Schrot 0,3/$_{00}$ davon enthalten.

Von Erz und von Kalkstein, welch letzterer ungebrannt verwendet wird, setzt man gleich Anfangs ⅔, zusammen mit dem schlechteren Theil des Roheisens und einem Theil des Schrots ein und trägt den Rest erst nach, wenn aller Schrot eingesetzt ist.

Sobald die genommenen Proben, nach dem Ausschmieden und Ablöschen in Wasser, ohne Bruch im Bug sich zusammenbiegen lassen, setzt man das Hämatiteisen nach, worauf die Festigkeit steigt und eine neue Probe 5—8 Schläge mit einem 9,4 Kilo schweren Schlägel aushalten muss. Erst wenn diese

Beschaffenheit nachgewiesen werden kann, wird dem Bade das Spiegel- und Manganeisen zugesetzt und abgestochen.

Hinsichtlich der Schlacke ist zu bemerken, dass vor jedem Einsatz die phosphorhaltige Schlacke sorgfältig abgezogen werden muss, und scheint somit die Schlacke mehr der gewöhnlichen Puddelgarschlacke als der Converterschlacke zu ähneln.

Die Chargen sind gleichgross genommen, wie beim saueren Betrieb, brauchen aber längere Zeit als früher, wogegen der Phosphor bis auf $0{,}06/_{00}$ im fertigen Produkt entfernt wird.

§ 252. Eine sehr gute Uebersicht der Operationen und Einzelheiten des basischen Verfahrens gibt Egleston in der School of Mines Quarterly (Vol. VII, No. 1, October 1885). Er führt an, dass ca. $6/_{00}$ des Chargengewichts an glühendem Kalk über der Herdfläche ausgebreitet, und dass darauf das Roheisen in der Mitte des Herdes zum Schmelzen aufgesetzt und mit so viel Schrot bedeckt würde, als in den Ofen ging.

Dieser ganze Einsatz braucht 3—4 Stunden, um zu schmelzen, worauf dann der Rest des Schrotes in Theilsätzen von 300—320 Kilo zugefügt wird; hierbei ist eine zu starke Abkühlung des Bades möglichst zu vermeiden.

Da indess dieses wiederholte Zusetzen in einem sehr heissen Apparat sehr lästig für die Arbeiter werden kann, so haben einzelne Werkesleiter vorgezogen, den ganzen Satz auf einmal einzubringen und so die wiederholte Abkühlung durch kalten Schrot zu vermeiden; auch setzen sie vielfach den Schrot in glühendem, bezw. geschmolzenem Zustand ein.

Die sich anfänglich bildende Schlacke ist sehr flüssig und wird unterhalb der Arbeitsthür abgestochen, sobald sie sich bildet, denn die Rinne liegt nur ganz wenig höher als die Badfläche. Niemals lässt man sie sich in grösserer Menge ansammeln und vermeidet allen längeren Contakt mit dem Bad, da sie ca. $80/_{00}$ des Phosphors von dem ganzen Satz enthält.

Tritt vorübergehend die Gefahr ein, dass die Metallfläche nicht vollständig von der Schlacke bedeckt wird, so dämmt man die Schlackenrinne mit basischem Material etwas auf oder lässt die Schlacke nur so weit ablaufen, dass stets eine dünne Decke auf dem Bad steht. Sobald sie zu steif wird, setzt man etwas saueres Material zur Verdünnung hinzu und benutzt zu dieser Veränderung am besten gewisse kieselige Kalke. Sobald der ganze Einsatz flüssig ist, wird Alles losgekratzt, die Schlacke abgezogen, gerührt und zur Probenahme geschritten.

Die Proben bestehen meist in einem kegelförmigen Blöckchen, welches zu einer Scheibe von ca. 5 mm Dicke ausgeplattet wird. Diese Scheibe wird in Wasser abgelöscht und doppelt zusammengeschlagen. Bei einer gut verlaufenen Arbeit darf der Bruch nur sehnig sein und keine Spur von Krystallen oder Korn zeigen. Sind Krystalle da, so macht man stellenweise einen Zusatz von in Kalk gebundenem Walzsinter, z. B. auf russischen Werken, die bis 60 Kilo gepresster Sinterziegel zusetzen. Eine Wiederholung ist angezeigt, sobald neue Proben abermals Krystalle im Bruch zeigen, wozu natürlich die Probeplatten nach dem Zusammenschlagen mehrfach hin- und hergebogen werden müssen.

Nach Erreichung der wünschenswerthen Beschaffenheit macht man einen Roheisenzusatz, schliesslich den Zusatz rothglühenden Spiegels.

Die Schlussprobe ist die, dass man einen Block stark rothglühend in Wasser abschreckt und ihn der Schlagprobe unterwirft, wie sie im vorstehenden Paragraph beschrieben wurde. Man gewöhnt sich dabei natürlich bestimmte Handgriffe an und bezeichnet das Metall als zu hart, welches vor dem sechsten Schlag bricht, während das Brechen nach dem siebenten Schlag ein zu weiches Metall verräth und die Nothwendigkeit eines weiteren Spiegelzusatzes beweist. Ist die Probe dagegen gut ausgefallen, so gibt man das Ferromangan zu und polt oft nochmals durch einen hineingehaltenen grünen Holzstamm.

Ein richtiges Flusseisen muss beim Abstechen ruhig fliessen und darf in den Formen auch nicht steigen; gut ist es, vor jedem Ingot Proben zu nehmen, in der Voraussetzung, dass das Bad sich entmischt haben könnte.

Ueber das Detail der Proben berichtet Egleston dahin, dass zwei der Proben so oft hin- und hergebogen werden, bis sie brechen, während zwei andere zuerst im rechten Winkel geknickt, dann auf einem Amboss platt geschlagen, in umgekehrter Richtung wieder eingeknickt und wieder platt geschlagen werden. Diese Operation wird 25—30 Mal wiederholt, ehe ein gutes Flusseisen bricht.

Die Dauer der basischen Charge ist ca. 9½ Stunden, während nach dem Abstechen derselben noch 2½ Stunden gebraucht werden, die Reparaturen auszuführen, so dass in 24 Stunden überhaupt nur zwei Schmelzen ausgeführt werden können.

§ 253. Egleston gibt noch detaillirte Einzelheiten über die Ausführung in England (Proc. Inst. Civ. Eng. 77, 1883—84, und schriftliche Mittheilungen von Darby-Brymbo). Man setzt $^1/_{10}$—$^1/_7$ des gesammten Einsatzes Kalk in den Ofen, darauf das Roheisen und auf letzteres die Schrotzusätze. Die ganze Ladung erfolgt kalt und wird, wenn die Gestalt des Schrotes es irgend gestattet, auf einmal eingesetzt.

Auf den Werken der Eisen- und Stahlgesellschaft Brymbo (Nordwales) enthält das benutzte Roheisen:

C	$3/_{00}$
P	$3/_{00}$
Si	$0{,}4/_{00}$
Mn	$1-2/_{00}$
S	$0{,}03/_{00}$

Hierzu bemerkt Egleston, dass dieses kieselarme Eisen besonders erblasen wurde, indem die Düsen des Hochofens ein gewisses Stechen erhielten, so dass der Wind auf das Eisen gelangte und eine Feinung desselben im Hochofen selbst hervorrief.

Man setzte die Ladung zusammen aus

$60/_{00}$	Roheisen, ...	dem abgerundeten	Gewicht	nach	$7^1/_2$	Tons,		
$15/_{00}$	Schrot von Eisen und Stahl,	„	„	„	„	$2^1/_2$	„	
$15/_{00}$	Kalkstein, ...	„	„	„	„	2	„	
$10/_{00}$	Erz, ...	„	„	„	„	1	„	17 cws.

Aus der Nichtübereinstimmung der Procentziffern und der Tonnenzahlen ersieht man mit Leichtigkeit, dass eine scharfe Innehaltung der gewählten Verhältnisse nicht immer erforderlich ist.

Die Charge von Roheisen und Schrot wird auf einmal eingesetzt, nachdem sie verwogen und vor dem Ofen aufgestapelt worden war. Rücksichtlich des Kalkstein- und des Erzzusatzes verfährt man nicht zu peinlich, sondern wiegt jedem Ofen die obige Menge zu, überlässt es aber dem Arbeiter, je nach Bedarf weniger oder auch mehr zu verwenden.

Das Setzen der 10 Tons Metall beansprucht 1 Stunde und das Einschmelzen 3—4 Stunden, worauf das Bearbeiten der ganzen Charge während 7—10 Stunden erfolgt, so dass die ganze Operation 12—15 Stunden erfordert.

Die Schlacke lässt man während der ersten 2 Stunden sich im Herd ansammeln; später sticht man sie regelmässig in Pausen von 1 und $^1/_2$ Stunde ab. Der Phosphorgehalt der Schlacke schwankt während der verschiedenen Stadien des Processes und ist kurz nach dem Einschmelzen am bedeutendsten.

Eine Durchschnittsuntersuchung zu Brymbo ergab:

SiO_2	$10{,}00/_{00}$
P_2O_5	$23{,}05/_{00}$
CaO	$45{,}37/_{00}$
MgO	$9{,}12/_{00}$
Fe_2O_3	$2{,}29/_{00}$
FeO	$3{,}29/_{00}$
Al_2O_3	$1{,}05/_{00}$
MnO	$4{,}20/_{00}$
	$98{,}37/_{00}$

Dehnt man die ganze Arbeit lange genug aus, so vermag man den gesammten Phosphorgehalt zu eliminiren, doch ist dies zu zeitraubend und kostspielig und bezahlt sich nicht.

§ 254. Sobald das Roheisen geschmolzen ist, hat sich der ganze Einsatz so weit zusammengezogen, dass die Schlacke über denselben treten und schwimmen kann. Sie wird sobald als möglich abgelassen, denn sie enthält den grössten Theil des Siliciums, erscheint auch, ihrer Zusammensetzung entsprechend, ziemlich flüssig.

Auch die nächsten Schlacken sind bald zu entfernen, schon um das Anfressen der Herdseiten möglichst zu vermeiden. Bemerkt man, dass die Schlacke dünnflüssig wird, so steift man sie mit Kalkzusätzen an und entfernt sie alsdann, immer nur so viel zurücklassend, dass später das Metallbad in dem Giesskessel knapp bedeckt werden kann.

Die ganze Führung der Charge besteht in einem fortwährenden Aufpassen, dahin, dass der Ofen immer mit geröstetem Erz und Kalk versorgt wird; man wirft 2—3 Schaufeln voll ein, sowie die vorher aufgegebenen Portionen in der Schlacke gelöst oder absorbirt sind. Das geschieht ziemlich alle 3—5 Minuten.

Der Kalkstein wird in Stücken von über Wallnussgrösse verwendet, während das Erz in Stücken von 2—3 Faustgrössen zur Anwendung kommt, nicht kleiner und nicht grösser. Kleines Erz verschlackt, ohne auf das Bad einzuwirken, und zu grosse Stücke, die lange Zeit zur Reduktion brauchen, ebenfalls. Es wird sich die Stückgrösse für jedes Zusatzerz anders stellen und praktisch ermittelt werden müssen.

Die Pressung des Gases muss so regulirt sein, dass eher die Flammen aus den Ofenthüren heraustreten, als dass die Luft hineinzieht. Ob dies nur durch Gasüberschuss geschieht, und ob die Generatoren geblasen werden, wie vielfach in neuerer Zeit, ist nicht gesagt.

Man wechselt in Pausen von 20—30 Minuten, je nach der augenblicklichen Temperatur des Ofens, und das Gas muss bei guter Führung des Ofens mit einer blaugrün gefleckten Flamme brennen.

Das Abstechen der Schlacke geschieht, nachdem man den Rand des basischen Herdfutters über der saueren Rinne der Arbeitsthür mittelst einer 3 m langen Brechstange aufgestochen, ausgeschnitten und mit einem 4—5 m langen Haken gereinigt hat.

Die Schlacke läuft dann ganz ruhig über ein schräges Sandbett herunter in eine sandige Grube von 1 qm Grösse. Sie kühlt schnell ab, so dass die Kruste alle paar Minuten aufgebrochen werden muss, um die Schlacke abzuheben, sie mit Wasser zu kühlen und wegzuschaffen. Die Schlackentrift wird dann neugeschaufelt und geschlagen, bis der Sand vollständig verbrannt und unbündig ist.

Durch das Anschneiden des basischen Herdrandes ist es möglich, die Schlacke bei geschlossener Thür abfliessen zu lassen, bezw. durch die Arbeitsöffnung. Ueberhaupt werden die Ofenthüren nur so wenig als möglich und so kurze Zeit als möglich geöffnet und offen gehalten.

Sobald die Schlacke zu fliessen aufhört, füllt man die in den Herdrand eingeschnittene Rinne mit gemahlenem Dolomit von Haselnussgrösse, hebt die Schlackenschale aus der von sauerem Material gemachten Rinne und überstreut die Innenfläche der letzteren mit einem trockenen Gemisch von gemahlenem Dolomit und Theer. Auch im Fall des Ausbrechens der Schlacke verfährt man in gleicher Weise bei den Reparaturen.

Bezüglich der Schlackenmanipulation wäre die Verwendung eines Schlackenwagens zu empfehlen, da die Schlacke jetzt zwei- bis dreimal manipulirt wird, ehe sie definitiv als beseitigt gilt. Eine Verwendung der Schlacken als Phosphat findet bis jetzt nicht statt, könnte aber der Zusammensetzung nach ganz gut geschehen.

Die Schlackenarbeiten sind die Hauptaufgabe der Mannschaft, aber die Führung der Temperatur ist wichtiger und erfordert eine beträchtliche Erfahrung und ein sicheres Urtheil.

§ 255. Sobald die Charge ganz ruhig ist, beginnt das Probenehmen mittelst eines Blockes von 5—6 cm Dicke, welcher in der eigenen Hitze gehämmert, mit Wasser abgeschreckt und in zwei Stücke gebrochen wird.

Dunklere Streifungen und Krystalle auf der Bruchfläche sind Anzeichen der Gegenwart von Phosphor; es wird alsdann die etwas steife Schlacke abgezogen und es werden ca. $5/_{00}$ Hämatit und etwas mehr Kalk in der Nähe der Brücken eingesetzt. Diese Zusätze verursachen ein heftiges Kochen, welches etwa ½ Stunde dauert, worauf alsdann eine andere Probe genommen wird.

Die Leute verstehen es meist genau, aus dem Bruchaussehen der Probe zu beurtheilen, wieviel Erz und Kalk zugesetzt werden muss, um die letzten Spuren von Phosphor zu entfernen. ¼—½ Stunde nach der letzten und genügenden Probe wird der Schlackenüberschuss entfernt und Spiegel oder Ferromangan zugesetzt. Vielfach setzt man die letztere Substanz erst im Giesskessel zu, weil die Reaktion eine sehr heftige ist; andererseits ist die Mischung im Ofen eine bessere als im Kessel, aber man läuft auch leichter Gefahr, Phosphor wieder in das Bad zurückzuführen.

Die leichte Schlackendecke im Giesskessel ist sehr nothwendig, denn man vermindert auf diese Weise den Metallverlust in Form von Ansätzen, die ohnehin im Ofen zurückbleiben, und welche rasch und sorgfältig zu entfernen sind, namentlich in der Nähe der Abstichöffnungen, wo sie rasch abkühlen und fest werden.

Bezüglich der Ofenbauart ist nach Egleston noch zu bemerken, dass die Thüren der Oefen in entgegengesetzter Richtung aufgezogen werden, dass bei Nachbaröfen die Schlackensümpfe ebenfalls verschieden liegen, um die Arbeiter nicht zu sehr zu erhitzen, und dass beim Einwerfen von Erz und Kalk ein Junge an der betreffenden Thür angestellt wird, um sie bei jeder Schaufel zu öffnen und wieder herunter zu lassen.

Die allgemeine Bauart ist natürlich die der Siemens'schen Oefen, worauf im nächsten Abschnitt zurückzukommen sein wird. Es sind auch andere Heizsysteme versucht worden, welche wohl das eine oder andere Mal die nothwendige Hitze zu geben vermögen, zu einem continuirlichen Betrieb aber nicht ausreichen. Man hat in Folge dieser fehlgeschlagenen Versuche eingesehen, dass der Schwerpunkt für die Construktion sowohl wie für den Betrieb der betreffenden Schmelzapparate in der gleichmässigen Erzielung eines sehr hohen Wärmegrades liegt, und dass andere Rücksichten erst in zweiter Linie wichtig werden.

Versuche, Legirungsarbeiten für Stahl in Schachtöfen mit Hülfe sehr reiner Brennstoffe auszuführen, haben für den eigentlichen Siemens-Martinprocess keinen Werth gehabt, da sie nie ganz frei von kohlenden Wirkungen verliefen, und da jede Oxydation vollständig ausgeschlossen war.

Es gehören derartige Arbeiten mehr in das Bereich der gewöhnlichen, sub D. zu behandelnden Stahlschmelzungen, welche sich an den Krupp'schen oder deutschen Tiegelstahlschmelzprocess anreihen.

B. Theorie und Verlauf der Erzstahlprocesse, besonders des Siemens- oder Landoreprocesses.

§ 256. Der Gedanke, mit Erzzusätzen die Entkohlung des Roheisens zu bewirken, ist sehr alt, wenn auch erst in neuester Zeit die hierher gehörigen Processe oder Darstellungen ihre volle betriebliche Entwickelung erlangt haben.

Schon Réaumur, der ebenso geistvolle als unermüdlich thätige französische Edelmann, hatte den gelungenen Versuch gemacht, durch Glühen von Gusseisen in Erzpulver dasselbe schmied- und hämmerbar zu machen.

Réaumur kann deshalb als Erfinder des schmiedbaren Gusses bezeichnet werden, der nichts weiter als eine Art weichen Stahles ist, und dessen Entstehung auf einer Kohlenstoffwanderung im festbleibenden Rohmaterial beruht, während die übrigen Bestandtheile unberührt bleiben. Ohne schmiedbare Produkte im gewöhnlichen Sinn zu liefern, ist die Darstellung des schmiedbaren Gusses doch ein den Erzstahlprocessen zuzugesellendes Verfahren.

Weit weniger beschränkt in der Wahl des Rohmaterials sind diejenigen Erzstahlprocesse, bei denen eine Einwirkung von Erz auf schmelzendes oder geschmolzenes Roheisen geschieht.

Zuerst brachte Uchatius in Wien (1855) dieses Verfahren in Vorschlag, indem er Roheisen und Erz in Tiegeln einer hohen Temperatur aussetzte. Das fein granulirte Roheisen wurde mit ca. $20/_{00}$ geröstetem Spatheisenstein in pulverigem Zustand und mit $4/_{00}$ feuerfestem Thon gemischt, in Thontiegel gesetzt und in einem gewöhnlichen Windofen, wie er damals ausschliesslich zur Gussstahlfabrikation verwendet wurde, eingeschmolzen.

In den bezüglichen Patentschriften wird hervorgehoben, dass das durch das Granuliren abgeschreckte Roheisen, von der Erzmasse umhüllt, sich zuerst in eine Art Temperguss verwandle, dass mit steigender Hitze das dabei aus dem Erz reducirte Eisen mit dem Roheisen zusammenschmelze, sich von den Schlacken scheide und ca. $106/_{00}$ des Roheiseneinsatzes an Gussstahl gäbe.

Zur besseren Correktur des Verfahrens könne man nach Bedarf Kohle oder Schmiedeeisen zugeben, von welchen die erstgenannte Substanz eine Härtung, die letztgenannte ein Weichmachen des Stahles zur Folge habe.

Obwohl bereits 1857 und 1858 Versuche in England ergeben hatten, dass sich ganz feiner Tiegelstahl nach der Uchatiusmethode erzielen lasse, und dass die Darstellungskosten etwas mehr als die Hälfte der Selbstkosten des Sheffielder Gussstahls (siehe unter C.) betrügen, hat das Verfahren eine grössere Verbreitung nicht erlangt, sondern ist nur in Schweden und in kleinem Maassstab in Sheffield zur Ausführung gelangt. Der Hauptgrund liegt in der ausserordentlich verschiedenen Reduktilität der Eisenerze, nach deren Maass sich die Dauer des Uchatiusschmelzens ändern muss, wenn der Stahl die gleiche Zusammensetzung haben soll.

Die bedeutendste Erzstahlarbeit ist heutzutage der Landoreprocess, auch Siemensprocess genannt. Es sind in §§ 248—251 schon Siemens-Martinprocesse mit partiellem Erzzusatz zur Entkieselung zu heisser Chargen beschrieben worden, aber alle diese Beispiele zeigten das Erz doch nur in einer sehr geringen Zusatzmenge, während bei dem Landoreprocess ein grosser Erzzusatz gemacht wird und man auf eine starke Reduktion des Erzes rechnet (ohne jedoch dieselbe vollständig erreichen zu können).

Die mannigfachen vereitelten Versuche mit dem direkten oder Rennfeuerprocess haben vermuthlich dazu beigetragen, schliesslich die Erzreduktion im Siemensofen mit dem Siemens-Martinverfahren zu combiniren und auf diese Weise weichen Stahl zu machen.

Man geht neuerdings wieder mit dem Gedanken um, billige Erze, die vereinzelt liegen, auf den gedachten Weg und unter Zuhülfenahme eines geringen Roheisensatzes zu verwerthen.

Theorie des schmiedbaren Gusses und Verlauf seiner Herstellung.

§ 257. Unter schmiedbarem Guss, Temperguss, versteht man eine durch längeres Glühen in strengflüssigen Oxyden so weit entkohlte Gusswaare, dass mit einer entsprechenden Steigerung der absoluten Festigkeit auch Schmiedbarkeit in hoher Temperatur eingetreten ist. Eine Formveränderung darf bei dem Glühverfahren weder durch Schmelzung noch durch Dehnen und Zerreissen eintreten, so dass eben ganz bestimmte Anforderungen an das Material des Gusses und an die Leitung des Glühverfahrens gestellt werden müssen.

Da nur der Kohlenstoffgehalt des Roheisens durch den Glühprocess in Metalloxyden beeinflusst werden kann, und da ein Einfluss auf andere Bestandtheile bei den unter der Gusseisenschmelzhitze liegenden Temperaturen nicht beobachtet wird, so bleibt die Einwirkung von Silicium, Phosphor und Schwefel auf die Eigenschaften des Gusseisens von der Behandlung mit Oxyden ganz unberührt, und es lassen sich keinerlei Veränderungen in den durch die genannten Elemente bedingten Eigenschaften des Materials wahrnehmen.

Aus diesem Grunde wird eine um so deutlichere Schmiedbarkeit neben einer Festigkeitssteigerung sich einstellen, je mehr diese Gemengtheile zurücktreten und dem Kohlenstoff Platz machen. Derselbe darf aber nur gebunden vorhanden sein, jeder Graphitgehalt wirkt hinderlich und störend auf den Verlauf des Glühprocesses und auf die Brauchbarkeit der Produkte.

Auch ein zu hoher Kohlenstoffgehalt ist zu vermeiden, weil dann sehr leicht eine Graphitausscheidung erfolgt und die Entkohlung an sich längere Zeit beansprucht.

Das geeignetste Material ist deshalb ein kohlenstoffärmeres, blumig-strahliges, weisses Eisen; dasselbe kann auch leicht halbirt sein, weil eine solche geringfügige Graphitausscheidung durch Umschmelzen und Abschrecken in der Form bald verschwindet.

Ein Siliciumgehalt ist an sich nicht sehr schädlich, da er nur durch die Graphitbildung im Roheisen schädlich wirkt; ein vollkommen weisses Roheisen ist auch mit einem geringen Siliciumgehalt für schmiedbaren Guss verwerthbar, wiewohl der geglühte Guss dann immer etwas härter ausfallen wird.

Phosphor ist bis zu einem gewissen Grade ebenfalls zu dulden, wogegen Schwefel hier wie überall rothbrüchige Produkte liefert.

Wegen dieser etwas eng abgegrenzten Bedingungen für die Brauchbarkeit des Rohmaterials muss man in der Wahl vorsichtig sein und kann durchaus nicht jedes weisse Eisen gebrauchen.

Das geeignetste Roheisen zur Herstellung schmiedbaren Gusses ist stets ein aus weichen und reinen Erzen bei möglichst niedriger Temperatur des Ofenganges hergestelltes Erzeugniss, und aus diesem Grund ist auch das Holzkohlenroheisen wiederum dem Cokesroheisen vorzuziehen.

Da aber kleine Hochofenbetriebe sehr viel leichter als grosse an der Ungleichmässigkeit ihrer einzelnen Abstiche leiden, so ist eine genaue Sortirung stets nothwendig, um etwa stark graphitreiche Barren und Stäbe auszusondern oder dieselben nicht für sich, sondern mit ganz weissen Stücken zusammen zu verarbeiten.

Ein gewisser Mangangehalt befördert dabei das Weisswerden, ist aber im Interesse der Produkte doch einzuschränken.

§ 258. Dieselben Gründe, welche eine sorgfältige Auswahl des Roheisens als durchaus nothwendig erscheinen lassen, bedingen auch grosse Vorsicht bei der Wahl und Behandlung des Umschmelzungs- und Giessverfahrens.

Jedes Verfahren muss ausgeschlossen bleiben, sobald bei demselben eine schädliche Einwirkung auf die ursprüngliche, vielleicht durch mühsame Wahl erzielte Beschaffenheit des Rohmaterials vermuthet werden kann.

Anfänglich beschränkte man sich deshalb auf die alleinige Anwendung von Tiegelschmelzungen, weil man dabei am sichersten war, die Eigenschaften des Einsatzes im Erzeugniss selber wieder zu finden, abgesehen von der in solchen Fällen nicht zu vermeidenden, für den vorliegenden Zweck aber hinlänglich geringfügigen Siliciumreduktion aus der Tiegelwand.

Da die Tiegelöfen, wie später gezeigt werden soll, zu den im Brennstoffverbrauch unvortheilhaftesten Apparaten gehören, so konnte eben nur die Rücksicht auf die viel bessere Qualität der Produkte die Beibehaltung der Tiegelöfen rechtfertigen, nachdem auch andere Umschmelzöfen des Eisengiessereibetriebes Verbesserungen erfahren hatten.

Nach und nach versuchte man, besonders für gewisse Massendarstellungen schmiedbaren Gusses, den Cupolofenbetrieb so zu führen, dass jede Ueberhitzung des Gusses und jede Graphitausscheidung ausgeschlossen war. Es gelang dies bis zu gewissem Grade, sobald man über leichte und reine Backcokes verfügen konnte. Bei unreinem und sehr schwerem Brennstoff scheiterten die Versuche, und selbst in kohlereichen Bezirken betrieb man den Tiegelguss weiter, nachdem man, analog wie für den Tiegelstahlbetrieb, die früheren Windöfen in Gasöfen verwandelt und dadurch eine Brennstoffersparniss von über $50/_{00}$ herbeigeführt hatte.

Augenblicklich wird die Mehrheit des schmiedbaren Gusses im Tiegelofen fabricirt, während nur ein relativ kleiner Antheil den Schachtöfen oder gar den Flammöfen entstammt.

Der Flammofenbetrieb würde an sich sehr geeignet sein, da er die etwa nöthige Entkieselung begünstigt und die Auflösung des eventuell vorhandenen Graphits; ein Hinderniss seiner Verwendung liegt in der Schwierigkeit, einen continuirlichen Betrieb zu führen, und in seiner starken Abnutzung dabei.

Es ist dann umständlich, den Ofen so in Feuer zu erhalten, dass er nicht jeden Tag von Neuem angewärmt werden muss, und jede derartige Anheizung erfordert bedeutende Brennstoffaufwände.

Grosse Gastiegelöfen erscheinen immerhin als die beste Lösung der Aufgabe, das Material des schmiedbaren Gusses ohne Beeinträchtigung der Qualität einzuschmelzen. Für minderwerthige Waare, Baubeschläge u. dgl., kann man ein entsprechend geführtes Cupolofenschmelzen gebrauchen.

Setzt man, was vielfach vorkommt, dem Rohmaterial Stahl- und Eisenabfälle zu, so geht man zu den Mischschmelzungen sub D. allmälig über und hat dann naturgemäss auf die Erzielung höherer Schmelztemperaturen hinzuarbeiten.

Immer hat man aber bei der Leitung des Schmelzens darauf zu sehen, dass der Flüssigkeitsgrad erreicht wird, den die Grösse der Waare und ihre mehr oder minder vielfältige und zusammengesetzte Gestalt bedingt.

Massige und schwere Stücke können aus dickflüssigerem Gussstoff gemacht werden als die leichten, dünnen, rasch abkühlenden Gegenstände, welche zum grössten Theil die schmiedbare Waare ausmachen.

§ 259. Bei dem Formen der Gegenstände ist ebenfalls mit Vorsicht zu verfahren und das spätere Tempern oder Glühen im Auge zu behalten. Die Gussoberfläche muss eine durchaus reine sein, ohne Anbrand und ohne angefritteten Sand etc., damit die Wirkung des Oxydationsmittels eine möglichst ungestörte ist und keine kostspieligen Reinigungs- und Putzmethoden dem Tempern vorhergehen müssen.

Man formt deshalb meist in etwas fettem Sand und trocknet die Formen sorgfältig durch Brennen in Darrkammern, schwärzt sie mit nasser Schlichte und sucht auf jede Art glatte Oberflächen zu erzielen. Da viele der betreffenden Waaren, sogar die meisten, Massenartikel sind, so bedient man sich irgend einer mechanischen Vervielfältigungsmethode, d. h. man arbeitet mit Maschinen, mit Modellplatten etc. (cf. § 169, S. 106), so dass viele Stücke auf einmal dargestellt werden können.

Man vermeidet bei dem Giessen ebenso das übermässige Abschrecken wie das Gegentheil und bemüht sich immer, die der Masse und Grösse der Einzelstücke entsprechende Qualität und Giesstemperatur festzuhalten.

Grosse Abweichungen in Masse und Grösse gestattet die Industrie des schmiedbaren Gusses indess nicht, und es kann hier nicht von ähnlichen Verschiedenheiten der Behandlung die Rede sein, wie z. B. bei Hartguss und bei Maschinenguss.

Nach dem Guss werden die zum Tempern bestimmten Stücke zuerst im Groben gereinigt, dann werden die Eingüsse sorgfältig abgeschnitten und schliesslich wird zum Blankputzen geschritten. Man führt bis zu einer gewissen Grösse die letztere Arbeit so aus, dass man die Gusswaaren mit Sandsteinbrocken oder mit grobem Sand zusammen in Trommeln oder Kasten bringt und sie durch Drehung längere Zeit darin herumkollern lässt.

Auch die härteste Gusshaut widersteht einer solchen Behandlung nicht und wird oft in ziemlich kurzer Zeit entfernt, so dass die Stücke fast vollkommen blank erscheinen. Bei grösseren oder unregelmässig und sperrig gebildeten Stücken muss man allerdings zur Handarbeit greifen und die Oberflächen entweder beizen oder mit Sandsteinen abreiben.

Das Putzen und Blankmachen ist sehr wichtig in zweierlei Beziehungen: einmal könnte noch anhaftender Sand zu Frittungen während des Temperns Veranlassung geben, da die meist verwendeten Eisenerze und der Sand sich zur Bildung von Silikaten vereinigen werden; dann aber erleichtert der durch das Schleifen und Abreiben bewirkte Angriff der Gusshaut ganz ausserordentlich die oxydirende Wirkung der Erzbettung und die entsprechende Veränderung des Roheisens.

Man kann in Bezug auf den letzten Punkt verschiedener Ansicht sein und man hat das Tempern auch bei nicht blank geschliffenen oder polirten Gusswaaren beobachtet, aber man erleichtert sich, hat man einmal die Putzvorrichtungen, die Arbeit bedeutend, wenn man nicht allein die fertigen Waaren blank macht, sondern auch die in die Temperkästen einzusetzenden Rohgüsse.

Die Lütticher und andere Fabriken haben dieses System des Kollerns auch noch in anderer Weise ausgenutzt und besitzen meist eine grössere Anzahl derartiger, aus Holz und Eisen construirter Vorrichtungen.

§ 260. Der Nerv des ganzen Processes ist aber das sich nunmehr anschliessende Tempern, ein Entkohlungsprocess ganz eigener Art, der, wie auch der später zu behandelnde Cementationsprocess des Schmiedeeisens, auf sehr merkwürdige Zustände in dem Verhältniss von Eisen und Kohlenstoff schliessen lässt. Man hat den Temperprocess des Gusseisens vielfach den Frischprocessen angereiht, ihn z. B. dem Glühfrischen vorangestellt etc., damit aber keines Falls das Rechte getroffen.

Bei dem anhaltenden Glühen der Gusswaare in einem einfachen Oxyd (zusammengesetzte Oxyde, z. B. von der Form $\left.\begin{matrix}R_2\\R\end{matrix}\right\}O_4$, und Sauerstoffsalze sind von der Verwendung ausgeschlossen) constatirt man nicht allein eine Entkohlung der unmittelbar mit dem umgebenden Oxyd in Berührung sich befindenden Aussenschichten des Gusseisens, sondern findet eine bis in den inneren Kern reichende Entkohlung vor, welche allerdings von aussen nach innen hin an Energie abnimmt.

Dünne und schwache Gegenstände zeigen durch und durch eine veränderte Textur und Farbe, während dickere, massigere Sachen eine gewisse Ungleichförmigkeit der Textur wahrnehmen lassen, welche indess nicht hinreicht, die Brauchbarkeit in Frage zu stellen.

Das anzuwendende Oxyd ist vorwiegend reiner Rotheisenstein, der in grobgepulvertem Zustand benutzt wird; Brauneisenstein, Magneteisenstein und gerösteter Spatheisenstein sind weniger brauchbar, dagegen hat man Versuche mit Zinkoxyd gemacht und dasselbe benutzbar gefunden.

Es kommt bei der Wahl des Oxyds in erster Linie auf seine Reduktibilität an, da diese Eigenschaft allein den mehr oder minder raschen und vollständigen Verlauf der Entkohlung oder des Weichmachens bedingt. In zweiter Linie spielen ökonomische Rücksichten, Preis, Beschaffung etc., eine Rolle, werden aber niemals ein anderes Erz als den Rotheisenstein recht geeignet erscheinen lassen.

Eine andere Eigenschaft des betreffenden Erzes oder Oxyds ist seine grössere oder geringere Strengflüssigkeit; es ist durch neuere Versuche hinlänglich constatirt, dass durch Beimischung leichtflüssiger Substanzen sofort Angriffe auf das Gusseisen eintreten, welche mit dem Zweck des Verfahrens in keiner Weise übereinstimmen, sondern denselben stören.

Die Oberfläche wird zerfressen und vollkommen unansehnlich, so dass die Gusswaare verworfen werden muss. Etwas Aehnliches tritt auch ein, wenn die Oxydation zu heftig ist, und deshalb vermeidet man in der Praxis die Anwendung vollkommen frischen Erzes und mischt es immer mit bereits gebrauchtem, stumpf gewordenem Material.

Reine und künstlich dargestellte Oxyde sowie höhere Oxydationsstufen, z. B. Mangan, wirken ähnlich und sind deshalb zu vermeiden.

Die Leitung des Glühverfahrens muss eine durchaus vorsichtige sein, da sowohl ein zu rasches Erhitzen, als eine zu hohe Temperatur schädlich wirken; ganz ebenso ist es mit der Abkühlung, welche möglichst langsam zu geschehen hat, und welche abgeschlossen sein muss, ehe man den Ofen entleert und die Gusswaare auspackt.

Die zum Glühen benutzten Feuerungsanlagen sind verschieden. Von einfachen, mit eisernen Thüren verschlossenen Backkammern schrankartiger Form ausgehend, gelangte man zu immer rationelleren Construktionen, benutzte zuerst Gasfeuerung nach Siemens'schem System, doch mit einigen Abänderungen in der Feuerführung und versuchte später continuirlich wirksame Ofensysteme nach der Art der Ringöfen, wo eine Reihe von Kammern nacheinander besetzt, durchgeheizt, abgekühlt und entleert werden konnten, ohne dass das Feuer selbst im Mindesten in seinem ruhigen Verlauf gestört wurde.

Auch bewegliche Oefen, d. h. Oefen mit beweglichen Einsätzen, und ähnliche Construktionen sind versucht worden, um einen continuirlichen Feuerbetrieb zu ermöglichen bei vollster Innehaltung der nothwendigen Anheiz- und Abkühlungszeiten.

Ohne einen erheblichen Grad von Feuerfestigkeit besitzen zu müssen, sind die bezüglichen Ofenconstruktionen sehr sorgfältig auszuführen und zu unterhalten, da der Brennstoffconsum von einer mehr oder minder guten Anlage und Ausführung ausserordentlich beeinflusst werden kann.

Das Material der Glühgefässe ist gewöhnlich Eisen, seltener steinerne Kisten, wie in den Cementiröfen. Meist sind es cylindrische, nicht hohe Töpfe, die ineinander passen und aufgestapelt werden können.

§ 261. Die im Vorstehenden geschilderten und erklärten Reaktionen sind auch durch verschiedene Versuche mehr oder minder bestätigt worden.

Die lehrreichsten und interessantesten dieser Versuche rühren von Davenport und von Forquignon her, doch haben die letzteren manche Widersprüche gegenüber älteren Beobachtungen gezeigt, so dass sie nur als neues, durch Bestätigungsversuche erst vollkommen zweifellos zu erklärendes Material anzusehen sind.

Davenport (Mechanics Magazine 1872, p. 392, und daraus Dingler's Journal 207, S. 51) untersuchte Probestücke, die aus weissem Holzkohleneisen gegossen waren, und welche zweimal geglüht und sowohl vor als auch nach jedem Glühen chemisch untersucht wurden.

Es enthielt

	Probestück I			Probestück II		
	Vor dem ersten Glühen	Nach dem ersten Glühen	Nach dem zweiten Glühen	Vor dem ersten Glühen	Nach dem ersten Glühen	Nach dem zweiten Glühen
C . . .	3,44	1,51	unter 0,10	3,48	0,43	unter 0,10
Si . . .	0,44	0,44	0,45	0,58	0,61	0,60
P . . .	0,31	0,32	0,31	0,28	0,29	0,29
S . . .	0,059	0,67	0,83	0,10	0,14	0,16
Mn . . .	0,53	0,58	0,52	0,58	0,61	0,57

Durch diese Untersuchungsergebnisse wird das oben Gesagte vollkommen bestätigt, dass nämlich nur der Kohlenstoff bei der Veränderung des Roheisens zu schmiedbarem Guss in Frage kommen kann, und dass die anderen Bestandtheile unverändert bleiben, oft relativ, oft absolut zunehmen, wie z. B. der Schwefel, der in beiden Fällen um mehr als $50/_{00}$ zugenommen hat, eventuell durch Einfluss des Glühmittels.

Rücksichtlich des Aussehens der Bruchstücke bemerkte man nach dem ersten Glühen eine weisse, fast vollkommen kohlenstofffreie Kruste von 1,5 mm Dicke und darin eingeschlossen einen dunklen Kern, welcher nach dem zweiten Glühen verschwunden war.

Aus dieser Erscheinung schliesst Ledebur (Eisenhüttenkunde, S. 944), nachdem er über die Davenport'schen Arbeiten berichtet hat, dass man es hier mit einer Kohlenstoffausscheidung zu thun habe, welche ihrer Verbrennlichkeit halber kein Graphit sei, sondern viel eher der von Rinman in manchen ungehärteten Stahlsorten entdeckten und von ihm Cementkohle genannten Ausscheidung gleichzustellen wäre. Bei der unverkennbaren Aehnlichkeit des Cementationsprocesses und des Temperprocesses hinsichtlich der Kohlenstoffwanderung im festbleibenden Metall kann man sich der Ansicht Ledebur's ganz gut anschliessen.

Neben dieser Kohlenstoffausscheidung kann aber auch noch Graphit auftreten, sobald man ein sehr kohlenstoffreiches Eisen anwendet, z. B. Spiegeleisen oder Weissstrahl. Beide Varietäten geben ja bekanntlich durch Braten mehr oder minder deutliche Graphitausscheidungen zu erkennen, ohne dass von aussen her etwas anderes als Wärme wirksam gewesen wäre.

Ausser den Untersuchungen Davenport's sind noch zwei Analysen Müller's bekannt, welche einen aus Lancashireroheisen hergestellten schmiedbaren Guss betreffen. Es enthielt

das Roheisen	0,583 Graphit,	2,217 *C*,	0,015 *S*,	0,951 *Si*,	Sp. *P*,	Sp. *Al*,	0,502 Sand,	
der Guss . .	0,434 „	0,446 „	— „	0,409 „	Sp. „	Sp. „	— „	

Auch Ledebur hat ein Stück Tempereisen untersucht, welches aus Roheisenschienen durch Glühen in Erz dargestellt und zur Tiegelstahldarstellung bestimmt war; dasselbe enthielt

0,05 *C*, 0,00 Graphit, 0,04 *P*, 0,57 *Mn*, 0,07 *Cu* und *Ni*;

Schwefel war nicht bestimmt worden. Ledebur bezeichnet dieses Resultat als einen Beweis für die Möglichkeit fast vollständiger Entkohlung auf diesem Wege.

Bemerkungen Mallet's über das Wesen und die Ausführung des schmiedbaren Gusses theilt auch der Verfasser in seinem Handbuch des Eisengiessereibetriebes II, S. 833 u. ff. mit; eine besondere Abhandlung von Demselben findet sich auch in der Deutschen Industriezeitung 1871, No. 36, sowie in Dingler's Journal 202, S. 20.

§ 262. Die Untersuchungen Forquignon's sind, obwohl sie weiterer Bestätigung bedürfen, doch in solcher Ausdehnung und in so vielfacher Wiederholung durchgeführt, dass sie neben den Davenport'schen Versuchen wohl einen Platz verdienen, zumal ein weiteres Bekanntwerden derselben am ehesten zur Aufnahme neuer Versuchsreihen und zu eventueller Bestätigung führen dürfte.

Die grosse Arbeit, 121 Seiten, befindet sich in den Annales de Chimic et de Physique 1881, V Serie, Vol. XXIII, p. 433 u. ff. und hat eine eingehende Würdigung Seitens der betreffenden Fachkreise noch nicht gefunden.

Forquignon, durch Cailletet veranlasst, hatte sich vorgesetzt, die chemische Natur des schmiedbaren Gusses zu bestimmen und zu untersuchen, inwiefern sich derselbe von Stahl, Schmiedeeisen und Roheisen unterscheide.

Zur Erreichung dieses etwas weit gesteckten Zieles erschienen zwei Reihen von Versuchen nothwendig, denn es genügte nicht, das Gusseisen vor und nach seiner Veränderung zu analysiren, sondern es mussten auch die eingetretenen Veränderungen der physikalischen Eigenschaften untersucht werden. Deshalb richtete der Experimentator sein Augenmerk auf die Untersuchung derjenigen physikalischen Eigenschaften, welche gleichzeitig die grössten Schwankungen zeigen und am genauesten gemessen werden können: die elastischen Eigenschaften.

Es kam also darauf an, eine Reihe von Musterstücken dem Tempern auszusetzen und dabei neben der Verschiedenheit des Materials

die Zeit des Temperns und
die Natur des Temperbettes

nach einer gewissen Folge zu verändern.

Dabei mussten vor und nach jeder Temperoperation

die Zerreissfestigkeit,
die Dehnung vor dem Zerreissen,
die Elasticitätsgrenze

sorgfältig bestimmt und ausserdem noch für jedes Muster eine chemische Analyse ausgeführt werden.

Vorläufig hat Forquignon seine Arbeit getheilt und hauptsächlich die Hauptbestandtheile des Eisens in seinen Untersuchungen berücksichtigt, Verunreinigungen dagegen, wie Schwefel und Phosphor, noch zurückgelassen. Ebenso hat er Untersuchungen über den Einfluss der Temperaturen, über das Tempern in einfachen wie zusammengesetzten Gasen, schliesslich über die Maximal- und Minimalkohlung des Eisens noch zurückgestellt.

Der Hauptheil seiner Arbeit, das zweite Kapitel derselben, beschäftigt sich mit den Untersuchungen der in Rotheisenstein- oder Hämatitbettung verlaufenden Temperprocesse, die auch für die vorliegende Betrachtung von Wichtigkeit sind. Daran schliessen sich im dritten Kapitel Untersuchungen über die Erfolge des Glühens in anderen Mitteln, Kohle, Eisenfeile, Knochenasche, Kolkothar und diverse

Gemische, sowie Untersuchungen über Cementirung und über die Natur des Kohlenstoffs in dem schmiedbaren Guss. Es folgen vereinzelte Versuche des Temperns in Gasen (Wasserstoff und Stickstoff), das Anlassen des Stahls sowie Angaben über gebrauchte Apparate.

Im Eingang der Arbeit selbst gibt Forquignon eine genaue Beschreibung der von ihm angewandten analytischen und anderen Methoden, ferner von der Grösse und Gestalt der Probestäbe.

§ 263. Die zur Untersuchung gelangten Eisensorten waren:

1. Roheisen von St. Louis-Marseille, speciell für das Haus Dalifol-Paris fabricirt;
2. Roheisen von Ulverston (Lancashire), auch als Marke Lorn bezeichnet, bei Holzkohlen und kaltem Wind erblasen;
3. Roheisen von Ulverston, bei Cokes und heissem Wind erblasen;
4. Roheisen von Toga (Corsica), bei Holzkohlen aus Eisenglanz erblasen;
5. Roheisen von Toga, graue Beschaffenheit;
6. Mischung zu gleichen Theilen aus 1. und 2.;
7. Mischung von 5 Theilen Lorn mit 1 Theil Ferromangan von Terrenoire;
8. Mischung von halbirtem Lorn mit $5/_{00}$ Ferromangan;
9. Mischung von halbirtem Lorn mit $5/_{00}$ Mangansilicit von Terrenoire ($20/_{00}$ *Mn*, $10/_{00}$ *Si*);
10. reinstes Herdfrischeisen von Undervilliers (Schweiz).

Die chemische Untersuchung ergab zunächst für

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
C . . .	2,94	3,27	3,12	3,51	0,78	3,04	3,79	3,30	2,94	0,166
Graphit .	Sp.	0,00	Sp.	0,02	2,89	0,12	0,00	0,00	0,51	0,00
Si . . .	0,4	0,30	0,9	0,56	1,821	0,369	0,495	n. b.	0,77	0,047(?)
Mn . . .	0,1	0,026	0,061	0,157	0,238	0,103	1,788	0,388	0,157	0,00
Cu . . .	Sp.	0,00	0,00	Sp.	ger. Sp.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0,00

Die Bemerkungen Forquignon's hierzu sind zum Theil etwas gewagt. So nennt er es ein glückliches Zusammentreffen, dass das Gemisch 9. fast genau die Zusammensetzung des unter 5. aufgeführten corsischen Holzkohleneisens habe.

Für den Graphit trifft dies zunächst nicht zu, ebensowenig für das Silicium; höchstens die Gesammtkohlenstoff- und die Manganziffer können die Bemerkung rechtfertigen. Dann nennt er das Roheisen No. 1 kohlearm gegenüber den anderen Sorten, während es doch nur $0,18/_{00}$ weniger enthält als No. 3.

Die Festigkeitsuntersuchungen ergaben für

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Zerreissgewicht in Kilo pro Quadrat-Millim.	16—17	9	19	7	15	15	n. b.	6	11	n. b.
Dehnung in 0,001 mm pro 100 mm . . .	44—48	50	86	0	405	80	n. b.	0	25	n. b.

Von Interesse ist bei diesen Zahlen, denen sich in der Abhandlung noch die Resultate der abgestuften Messungen und Belastungen zugesellen, der grosse Unterschied zwischen 2. und 3., den beide Lancashirer Roheisensorten, aus gleichem Material, nur unter verschiedenen Bedingungen erblasen. Nur für 5. wurde die Elasticitätsgrenze und zwar auf 7—8 Kilo bestimmt und ermittelt.

§ 264. Mit diesen Materialien wurden die Temperversuche in Hämatit in der Art angestellt, dass je drei Probestäbe dem Versuch unterworfen und zwar bezw.

36 Stunden,
72 „
144 „

lang unter allen Bedingungen einer normalen Fabrikation geglüht wurden.

Die Zusammensetzung des angewandten Erzes war:

Fe_2O_3	86,34	
Mn_2O_3	Sp.	
$CaCO_3$	3,56	
MgO	Sp.	
$S + P_2O_5$	Sp.	
Rückstände	8,32	
Verluste etc.	1,78	durch Differenz bestimmt.
	100,00	

Die Resultate der Versuche sind in folgender Tabelle zusammengestellt, wobei abermals die Zwischenziffern der mechanischen Untersuchungen ausgelassen und nur die Verhältnisse mitgetheilt worden sind, wie sie sich beim Zerreissen selbst darstellten. Die Nummern der Eisensorten sind dieselben, wie sie im § 263 sich finden, und wird wegen der Details dorthin verwiesen.

Roheisen- und Materialbezeichnung	Kohlenstoffbestimmung						Siliciumbestimmung			Zerreissgewicht in Kilo pro qmm			Max.-Verlängerung in 0,01 mm pro 100 mm			Elasticitätsgrenze in Kilo pro qmm		
	Chemisch geb. C Stunden			Graphit Stunden			Stunden			Stunden			Stunden			Stunden		
(Temperzeiten)	36	72	144	36	72	144	36	72	144	36	72	144	36	72	144	36	72	144
1. St. Louis	2,13	{1,015 / 0,900}	0,84	0,47	{0,89 / 0,78}	0,26	n. b.	0,448	0,504	41	48	48	665	2860	2325	22–27	10–11	11–12
2. Lorn, Holzkohlenroheisen .	1,55	1,25	0,90	1,45	1,09	0,51	n. b.	n. b.	0,308	27	25	28	250	260	400	18	17–18	16–17
3. Ulverston, Cokesroheisen . .	0,94	1,07	0,81	1,61	1,21	0,5	0,869	0,901	0,911	38	40	38	1300	1890	1150	20–21	12–13	7–8
4. Toga, weiss	{1,07 / 1,27}	0,85	0,71	{2,34 / 2,22}	1,56	0,81	0,635	0,593	{0,63 / 0,607}	27	32	30	295	790	550	5–6	9–10	23–24
5. Toga, grau	—	0,50	—	—	2,58	—	—	1,821	—	—	13	—	—	105	—	—	10	—
6. Mischung 1. und 2. . . .	1,10	0,62	{0,76 / 0,71}	1,63	1,77	{0,415 / 0,45}	0,36	0,336	0,369	28	27	31	650	1300	1050	10	6	5
7. Mischung Lorn und 1/6 Ferromangan	—	3,03	—	—	0,00	—	—	0,495	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—
8. Mischung Lorn und 5/00 Ferromangan	3,28	2,63	1,81	0,00	Sp.	0,13	0,434	n. b.	0,44	12	23	29	40	112	165	10–12	20–23	16–17
9. Mischung Lorn u. 5/00 Mangansilicit	1,41	1,11	0,91	1,82	1,57	1,16	n. b.	n. b.	0,77	28	28	30	680	255	630	12	16	22
10. Herdfrischeisen	—	0,126	—	—	0,006	—	—	0,023	—	—	36	—	—	2000	—	—	20	—

§ 265. Zu den Resultatenziffern der Tabelle ist Folgendes zu bemerken. Das Roheisen No. 1 kann als Typus eines guten Materials für schmiedbaren Guss angesehen werden, denn die daraus hergestellten und geglühten Stäbe übertreffen an Festigkeit die besseren Eisenmarken und sind einem mittelharten Stahl ungefähr äquivalent. Es genügen aber schon 72 Stunden Tempern, um das höchste Zerreissgewicht herbeizuführen.

Eigenthümlich verläuft die Funktion der Dehnung, deren Maximum schon bei 72 Stunden erreicht ist, worauf sie durch weiteres 72stündiges Glühen auf eine geringere Ziffer zurückgeht; in jenem Fall beträgt die Dehnung das Neunundfünfzigeinhalbfache des bei dem Rohmaterial beobachteten Maasses. Rücksichtlich der chemischen Veränderung, so constatirt man neben einer bedeutenden Verminderung des Gesammtkohlenstoffs die Ausscheidung von etwas Graphit, deren Maximum bei 72stündigem Glühen eintritt.

Forquignon kommt im Verlauf seiner Arbeit wiederholt auf diese Kohlenstoffausscheidung im Innern von festem Eisen zurück, die er als Hauptthatsache hinstellt.

Der Siliciumgehalt hat scheinbar zugenommen, was nicht Wunder nehmen darf, da die Kohlenstoffoxydation eine Art von Abbrand darstellt.

Die Bruchfläche des getemperten Stabes war ganz charakteristisch; während die äussere, etwa 3 mm dicke Zone homogen erscheint und in Farbe und Korn dem reinen Eisen ähnlich ist, verläuft dieses Gefüge nach dem Innern zu in ein solches von mattem Aussehen, welches mit schwarzen Graphitkörnchen besäet ist, die auch bei vierhundertfacher Vergrösserung keine Spur von Krystallisation zeigen, sondern vollkommen amorph erscheinen.

Weitere Zugfestigkeitsversuche mit abgedrehten Bruchstücken eines der getemperten Stäbe haben ein Zerreissgewicht von 51 Kilo pro Quadrat-Millimeter und eine Dehnung von nur 625 sowie eine Elasticitätsgrenze von 25 Kilo ergeben.

Bezüglich des Materials No. 2 hebt Forquignon hervor, dass dieses als Zusatzmaterial sehr beliebte Roheisen, für sich allein verarbeitet, keine so günstigen elastischen Eigenschaften der Produkte zeigt wie Roheisen No. 1. Die Versuche, da sie der industriell bewährten Praxis nicht entsprachen, mussten auch Resultate liefern, aus denen ein praktisch brauchbarer Schluss nicht zu ziehen ist.

Merkwürdig ist die von 0 auf 1,45 steigende, dann wieder fallende Graphitausscheidung, die bei diesem Roheisen sich aber gleichmässiger vertheilt und fast unsichtbar ist.

Die Roheisensorte No. 3, Ulverston-Cokesroheisen, zeigt trotz des vergleichsweise hohen Mangan- und Siliciumgehaltes dennoch eine bedeutende Qualitätsbesserung durch das Tempern in Hämatit. Forquignon meint, dass sich Mangan und Silicium bis zu einem gewissen Grad neutralisirten —!

Das weisse Roheisen von Toga, No. 4, zeigt sich besser als das Eisen Lorn, verliert aber durch zu langes Tempern, da der Versuch mit 72stündiger Glühzeit das beste Resultat ergibt. Recht deutlich zeigt sich auch hier die starke Graphitausscheidung.

Das graue Roheisen von Toga, No. 5, als festes Giessereiroheisen von gutem Rufe, ist nur einem Versuch unterworfen worden, dessen Resultat die der Praxis bereits bekannte Thatsache aufs Neue erwiesen hat, dass nämlich graue Roheisensorten zur Darstellung des schmiedbaren Gusses ungeeignet sind.

Zu dem sub 6. angeführten Gemisch aus gleichen Theilen St. Louis und Lorn ist zu bemerken, dass der Fabrikant Dalifol Beobachtungen bei Verarbeitung dieses und ähnlicher Gemische gemacht hat, die Forquignon veranlassten, sich die betreffenden Materialien näher anzusehen.

Die Gusswaaren aus dem Gemisch fielen stets durch den schwarzen kohligen Bruch auf, während St. Louis für sich deutlich sichtbare, aber zerstreute Graphitpunkte, Lorn für sich eine feine, fast unmerkliche Graphitausscheidung gezeigt hatte. Die Mischung beider zeigt beide Graphitsorten, den eingesprengten und den vertheilten, im Ganzen aber nach der Analyse weit mehr, als dem Verhältniss entsprechen sollte. Forquignon schliesst daraus auf eine gegenseitige Reaktion beider Roheisensorten.

Trotz des wenig bestechenden Bruchaussehens stehen aber diese Gemische an dritter Stelle unter den in Frankreich verarbeiteten Materialien für schmiedbaren Guss.

Von dem Gemisch aus 100 Lorn und 20 Ferromangan, No. 7, war beim Giessen und Abkühlen nur ein Stab ganz geblieben und zeigte, 72 Stunden lang getempert, keine Neigung, schmiedbar zu werden, obwohl der Kohlenstoffgehalt um ca. $^1/_5$ heruntergegangen war. Wenn Forquignon daraus den Schluss zieht, dass die Kohlenstoffverminderung für sich allein noch keine Schmiedbarkeit hervorrufe, so ist dieser Schluss sehr gewagt, denn ein Roheisen mit noch über $3/_{00}$ gebundenem Kohlenstoff kann überhaupt nicht schmiedbar sein. Man kann aus dem Versuch höchstens schliessen, dass ein manganhaltiges Roheisen schwer entkohlt oder sich schlecht tempert.

Das Gemisch No. 8 bezeichnet hierin wohl die Grenze der Materialien, die sich durch Tempern überhaupt noch verbessern lassen. Die Verbesserung ist aber nur gering, denn auch bei 144stündigem Glühen ist der Kohlenstoffgehalt noch immer $1{,}81/_{00}$, während der Graphitgehalt nur $0{,}13/_{00}$ beträgt.

Weit besser erscheint das Gemisch No. 9, und Forquignon macht auf die das Mangan neutralisirende Wirkung des Siliciumgehaltes aufmerksam.

Die Entkohlung durch das Tempern wird auch bei dem Herdfrischeisen, No. 10, deutlich wahrgenommen; die beobachtete Entsilicirung ist Zweifeln unterworfen, da die Siliciumbestimmung bei diesem Material, vorhandener Schlacken- und Kieselsäureeinschlüsse halber, unsicher ist.

§ 266. Es würde hier zu weit führen, auch die übrigen Versuche Forquignon's zu besprechen. Ohne seine Graphittheorie weiter zu berühren, kann aus den hier mitgetheilten Resultaten doch schon abgeleitet werden, dass die Eingangs vorliegender Betrachtungen des schmiedbaren Gusses aufgestellten Sätze (§ 257 u. ff.) wohl richtig sind.

Geeignet sind vorzugsweise kohlenstoffärmere, möglichst graphitfreie, halbirte Roheisensorten mit einem geringen Siliciumgehalt, aber möglichst ohne jeden Gehalt an Mangan, wovon bereits 0,4/$_{00}$ die Grenze der Brauchbarkeit des Roheisens bezeichnen, während 0,157/$_{00}$ davon neben 0,77/$_{00}$ *Si* (Mischung No. 9.) ganz brauchbare Produkte lieferten.

Die das ganze Phänomen begleitende Ausscheidung eines graphitischen Kohlenstoffs von amorpher Beschaffenheit erscheint besonders für die Technik des Verfahrens irrelevant, da sich aus der Zusammenstellung der Resultate (S. 325, § 264) kein Zusammenhang zwischen dem Maximum des Graphitgehalts und dem Maximum einer der mechanischen Eigenschaften des schmiedbaren Gusses mit Sicherheit ergibt.

Für das Aussehen der Produkte ist jedenfalls die stark kohlige Farbe und die matte Bruchtextur nicht vortheilhaft, da sich alsdann kein hoher Grad von Glanz durch Bearbeiten wird erzielen lassen. Bezüglich der Dauer des Glühverfahrens, so gibt bei einzelnen Roheisensorten schon ein 36stündiges Glühen einen hohen Grad der Geschmeidigkeit, während in anderen Fällen ein Maximum nach 72stündigem Tempern eintritt, und während die durchschnittlich weniger brauchbaren Materialsorten das Maximum ihrer Leistungsfähigkeit erst nach 144stündiger Gluth erreichen.

Diese Aufschlüsse sind wohl am werthvollsten, weil sie den Fabrikanten in den Stand setzen, mit einem richtig gewählten Material, in einem Minimum von Zeit, ein Maximum von Leistung zu erreichen. Man ersieht leicht, dass 72 Stunden Glühzeit wohl als die geeignetste Dauer der Temperoperation angesehen werden kann, da die besten Sorten dann das Maximum der Dehnung erreichen, z. B. die Nummern 1. 3. 4. 6. der Tabelle.

Bei weiterem Glühen wird ein Theil dieser Leistungen wieder vernichtet, wie z. B. bei 1. 3. 4. 6., während bei schlechteren oder ungeeigneteren Materialien die Geschmeidigkeit weiter steigt, aber immerhin bedeutend gegen die Leistungen der ebengenannten Nummern zurückbleibt (vgl. die Nummern 2. und 8.). Einen eigenthümlichen Sprung macht die Dehnbarkeit bei der Mischung No. 9., wo das 36stündige Brennen bereits den Maximalwerth der Dehnbarkeit hervorgebracht, welcher nach weiteren 36 Stunden Temperns auf unter die Hälfte heruntergeht, um nach im Ganzen 144 Stunden Glühzeit wieder nahe zur alten Geschmeidigkeit zurückzugehen.

Theorie und Verlauf der Erzstahlprocesse.

§ 267. Wie schon § 256, S. 319 angedeutet worden, ist die Uchatius'sche Methode, Roheisen auf Eisenerz in hoher Temperatur einwirken zu lassen, ohne grosse Verbreitung geblieben.

Ebensowenig sind die verschiedenen analogen Vorschläge, Roheisen durch Ueberlaufenlassen über Erzpulver oder Erzklein mit demselben zu verbacken und daran anschliessend die so entstandenen Blöcke, „Erzblooms“ oder „Erzgänge“, entweder zu verpuddeln oder im Stahlofen einzuschmelzen, zu einer länger dauernden oder allgemeineren Ausführung gelangt.

Die Methoden von Ellershausen u. A., welche besonders amerikanische Verhältnisse im Auge hatten, dann verschiedene, sich auf steyerische Vorkommnisse beziehende Vorschläge von J. v. Ehrenwerth u. A. sind ohne grösseren Einfluss geblieben, wenn sie auch sicher unter einigermaassen günstigeren Conjunkturen lokale Wichtigkeit erlangen würden.

Grosse Erzverluste und Unsicherheit in der Qualität der Produkte sind die hauptsächlichsten Schattenseiten aller dieser „Erzbloomprocesse“, deren Resultate weder nach Qualität noch nach Preisansatz mit den täglich sich bessernden Produkten der Flusseisenprocesse zu wetteifern vermögen.

Der einzige Erzstahlprocess, welcher seinen Platz neben den Converterprocessen und neben dem Siemens-Martinprocess behauptet, ist der Siemens-Stahlprocess, ursprünglich eine Variante des vorher genannten Verfahrens, nach und nach zu selbstständiger Existenz ausgebildet und vervollkommnet. Trotz dieser Ausbildung und der grossen Mühe, welche sich Will. Siemens darin gegeben hat, leidet das an sich so einfache Verfahren an dem bereits oben charakterisirten Fehler der starken Erzverluste, welche durch vorzeitige Schmelzung der Erze, ehe deren Reduktion vorangeschritten ist, hervorgerufen wird. Da dieser Verlust noch begünstigt wird durch einen Gehalt der Erze an saueren Bestandtheilen, so sind hauptsächlich sehr reine und reiche Erze erforderlich, und ausserdem muss man den Ofenbetrieb selbst so reducirend als möglich führen. Man hofft in neuester Zeit durch eine andere Ofenconstruktion und durch andere Abmessungen in den Oefen eine bessere Ausnutzung des Erzes herbeizuführen; Genaueres ist aber noch nicht bekannt geworden.

§ 268. Das klarste Bild des Landoreverfahrens gibt vielleicht Tunner in seinem Reisebericht aus Nordamerika, weil er das Verfahren für nordamerikanische Verhältnisse sehr geeignet fand, und bemüht ist, dies darzulegen.

Der normale Betrieb zu Landore selbst verläuft danach so, dass meist Chargen von 8 Tons verarbeitet werden, welche zu $^2/_3$ aus Bessemerroheisen, zu $^1/_3$ aus Abfällen bestehen, aber durchweg kalt eingesetzt werden. Nur wenn die Menge des Abfalleisens grösser ist, wird dasselbe im Ofen selbst auf einem Vorherd in der Nähe der Brücken vorgewärmt.

Das Einschmelzen erfordert 4—5 Stunden, worauf das Erz in kleinen Portionen eingesetzt wird. Man wendet dasselbe in hinlänglich grossen Stücken an, damit sie durch die Schlackendecke in das Metall sinken. Der ganze Erzsatz beträgt nach Tunner $^1/_6$ der Charge, von dessen Eisengehalt eben nur etwa die Hälfte herausreducirt wird.

Bei einem Vergleich des Siemens-Martin- und des Landoreprocesses kommt Tunner zu dem Resultat, dass für den Grossbetrieb der Landoreprocess besser sei als der erstgenannte, namentlich wenn letzterer viel mit gekauftem Schrot arbeiten müsse. Die Kosten stellten sich ziemlich gleich, wenn billiges Erz zu haben sei etc.

§ 269. Tunner's Aeusserungen werden durch folgende Mittheilungen bestätigt.

Jeans (Steel, its history etc.) führt hinsichtlich des Siemens-Stahlverfahrens noch an (S. 101), dass auf englischen Werken gewöhnlich 5 Theile des besten Hämatiteisens No. 2 auf den Herd des Ofens gesetzt werden. Nachdem dieser Satz gut eingeschmolzen und überhitzt ist, was nach 4—5 Stunden geschehen, setzt man das Eisenerz, in der Grösse von Chausseebaumaterial gepocht, nach und nach ein.

Es bildet sich stets ein starkes Aufkochen, welches sehr heftig werden kann, und man bringt deshalb das Erz immer in kleinen Portionen ein, so dass das Kochen anhält und in gleichem Maasse fortdauert. Sobald das Metall weich genug ist, um den Spiegelzusatz nehmen zu können, lässt man das Bad ruhig kurze Zeit stehen, damit sich noch möglichst viel Eisen aus der Schlacke herausreducirt. Auch gibt man portionenweise während des ganzen Processes gepochten Kalkstein hinzu, um die Schlacke kalkreich und eisenarm zu machen und so noch mehr Eisen zur Reduktion zu bringen.

Nach dem Spiegeleisenzusatz, welcher des höheren Eisengehaltes der Schlacke wegen um ca. $1/_{00}$ grösser genommen wird als für das Siemens-Martinverfahren, wird sofort abgestochen.

Als Erz zieht man irgend ein reiches, reines Erz vor; beliebt ist namentlich Mokta, doch auch Bilbao-, Marbella-, Cornwallis- und Cumberlanderze werden genommen und verbraucht.

Ein 5 Tons schwerer Roheisensatz verträgt 40—48 Centner Erz, von dessen Eisengehalt ungefähr die Hälfte in den Stahl übergeht, während die andere Hälfte in der Schlacke bleibt. Diese starke Schlackenproduktion verursacht auch einen grösseren Kohlenaufwand als bei dem Schrotprocess, und man muss ausserdem auch den Gang des Ofens immer etwas heisser halten.

§ 270. Dass noch mehr wie bei dem Siemens-Martinverfahren hier der Ofenbau und Ofenbetrieb eine Rolle spielen muss, geht schon aus der Erkenntniss hervor, für die grösste Dünnflüssigkeit der Schlacke sorgen zu müssen.

Diese Schlacke ist viel reichlicher vorhanden als bei dem anderen Process, ist weit basischer, besonders wenn man durch Kalkzusätze auf die bessere Eisenausscheidung hinwirkt und überhaupt für eine entsprechende Neutralisation der Kieselsäure Sorge trägt.

Es werden aus allen diesen Gründen nur Gasöfen Siemens'scher Construktion anzuwenden sein. In neuester Zeit sind dieselben mit hohen Gewölben versehen und beträchtlich vergrössert worden, um noch grössere Massen von Metall herstellen zu können. Die beabsichtigte Ausdehnung der Erzverwendung, so dass schliesslich ein direkter Process mit geringem Roheisensatz herauskommt, dürfte auch weitgehende Aenderungen in der Dimensionirung einzelner Theile und in dem gegenseitigen Verhältniss derselben nach sich ziehen.

Auch die Gasdarstellung selbst wird alsdann von der gewöhnlichen Chablone abweichen müssen und wird namentlich mehr Kohlenwasserstoff zu liefern haben, um mit thunlichster Sicherheit eine reducirende Atmosphäre im Ofen herstellen zu können.

Diese Verhältnisse sind noch nicht allseitig erprobt und bedürfen noch einer längeren Praxis, um ganz regelmässig zu werden, denn das seitherige, als Erzfrischprocess anzusehende Verfahren von Landore soll sich dann in ein Erzreduktionsverfahren mittelst Gasen (vielleicht auch festem Brennstoff) und mittelst geringfügiger Roheisensätze verwandeln, abgeschlossen durch eine Berichtigung des Kohlegehalts mittelst Ferromangan u. dgl.

§ 271. Ueber die Reaktionen im Stahlprocess auf offenem Herd belehrt ein Vortrag von A. Willis, Chemiker der Landore-Siemens-Stahlwerke.

Derselbe unterscheidet zunächst die Flammofenprocesse für Flusseisen nach drei Richtungen und hebt dann hervor, dass die Flusseisen- und Flussstahlfabrikation durch Mischen von Roheisen, Schmiedeeisen und Eisenerzen die am meisten angewandte sei (?!).

Willis behauptet, dass während des Ueberganges der Charge in den flüssigen Zustand Kohlenstoff, Silicium und Mangan mehr oder weniger, etwa bis zu 5$^0/_{00}$ und je nach der Ofentemperatur schwankend, sich oxydirten, dass aber, sobald der vollkommene Flüssigkeitszustand der Charge eingetreten ist, der Kohlenstoff beinahe constant bliebe, bis sämmtliches Silicium und Mangan oxydirt ist.

Sobald Silicium bis auf 0,02$^0/_{00}$ und das Mangan gänzlich verschwunden seien, beginne die Verbrennung des Kohlenstoffes und damit die Kohlenoxydentwickelung unter heftigem Kochen, welches bis zu einem Kohlenstoffgehalt von 0,10 und darunter anhält.

Das Bad wird dann völlig ruhig und die anfänglich bräunliche Schlacke beginnt sich zu schwärzen, da die Oxydation des Metalles steigt.

Willis hat zwei Chargen untersucht, indem er von halben zu halben Stunden Proben nahm und sie sorgfältig analysirte.

Charge 1 bestand aus Roheisen, Erz und 25$^0/_{00}$ Schrot; Charge 2 hatte gleiche Zusammensetzung, war aber nach geschehenem Einschmelzen des Roheisens und Schrotes durch einen Zusatz von Spiegeleisen bis auf 1,5$^0/_{00}$ *Mn* gebracht worden.

Es zeigten die Proben

	bei 1			bei 2		
1.	1,0$^0/_{00}$ *C*	1,281$^0/_{00}$ *Si*	1.	1,34$^0/_{00}$ *C*	1,60$^0/_{00}$ *Si*	1,40$^0/_{00}$ *Mn*
2.	1,0 „	1,118 „	2.	1,34 „	0,910 „	0,792 „
3.	1,0 „	0,506 „	3.	1,34 „	0,260 „	0,100 „
4.	1,0 „	0,326 „	4.	1,34 „	0,140 „	— „
5.	1,0 „	0,232 „	5.	1,34 „	0,080 „	— „
6.	1,0 „	0,046 „	6.	1,34 „	0,023 „	— „
7.	1,0 „	0,020 „	7.	1,34 „	— „	— „
8.	0,8 „	— „	8.	1,24 „	— „	— „
9.	0,55 „	— „	9.	1,10 „	— „	— „
10.	0,44 „	— „	10.	1,00 „	— „	— „
11.	0,25 „	— „	11.	0,90 „	— „	— „
12.	0,18 „	— „	12.	0,68 „	— „	— „
13.	0,10 „	— „	13.	0,50 „	— „	— „
14.	0,06 „	— „				

Die vorstehenden Zahlen sprechen für sich selber und scheinen zu beweisen, dass die Erzstahlchargen weit seltener, vielleicht gar nicht eine hinlänglich hohe Anfangstemperatur zeigen, um die Oxydation des Kohlenstoffs gleich beginnen zu lassen.

Um entscheiden zu können, in welchem Maasse das zugesetzte Eisenerz auf die Einsätze gewirkt hat, bedarf es der hier fehlenden Angabe der Verhältnisse von Erz und Roheisen; dennoch kann man fast sicher schliessen, dass der Kohlenstoffgehalt des letzteren nicht allein durch die zugegebenen 25$^0/_{00}$ Schrot bis auf 1$^0/_{00}$ verdünnt worden ist, sondern dass auch reducirtes Erz dabei mit wirksam gewesen sein muss.

§ 272. Hinsichtlich des Verhaltens anderer Bestandtheile des Metalls führt Willis noch die folgenden Erfahrungen aus dem Betrieb zu Landore an.

Bei der Verwendung reinen Erzes findet eine nennenswerthe Veränderung des Phosphor- und Schwefelgehaltes im Roheisen nicht statt, während aus unreinen Erzen ganz wohl Mengen von verunreinigenden Stoffen in ein sonst aus reinem Roheisen und Schrot zusammengesetztes Bad überzugehen vermögen.

Als man in Landore den Versuch machte, einige Chargen Hämatitroheisen No. 1 ohne Anwendung von Schrot mit Erzen zu verarbeiten, denen man ca. 3$^0/_{00}$ Schwerspath zugesetzt hatte, konnte man in vielen Fällen eine Zunahme des Schwefelgehaltes gegenüber dem des Roheisens, welcher 0,025$^0/_{00}$ betragen hatte, constatiren.

Es ergaben die Erze

von Elba	0,032$^0/_{00}$ *S*	im	fertigen	Flusseisen	oder	Stahl,
„ Marbella . .	0,064	„	„	„	„	„
„ Sommorostro .	0,025	„	„	„	„	„
„ Mokta . . .	0,025	„	„	„	„	„
„ Tagus . . .	0,064	„	„	„	„	„
„ Soumah . . .	0,048	„	„	„	„	„

Als das geeignetste Roheisen für den Siemensprocess bezeichnet Willis dasjenige, welches bei niedrigem *S*- und *P*gehalt die geringsten Mengen *C* und *Si* enthält, weil alsdann

1. der Eisengehalt am höchsten,
2. der Zeitaufwand zur Entkohlung am geringsten ist.

Roheisen mit viel *Si* gibt, auch wenn dasselbe vollständig oxydirt ist, doch stets eine geringe Stahlqualität, wiewohl eine Erklärung dieser Erfahrung Willis unmöglich erscheint. Auch ist ein zu hoher Mangangehalt, mehr wie 0,5/$_{00}$, wegen der Verzögerung des Processes und wegen der Zerstörung des saueren Bodens durch das leichtflüssige Mangansilikat zu vermeiden.

Ebenso ist aber der Mangangehalt unentbehrlich, weil zunächst kein anderer Bestandtheil der Schmelze auf den Schwefel einwirkt, und weil nach den Erfahrungen von Landore schon ein Gehalt von 0,08/$_{00}$ *Mn* einen spröden brüchigen Stahl schmiedbar macht.

Interessant ist noch die Wahrnehmung, dass verschiedene Hämatitroheisenmarken, die aus gleichen Erzen erblasen sind und eine übereinstimmende chemische Zusammensetzung zeigen, sich im Ofen verschieden verhalten, da der daraus dargestellte Flussstahl mehr oder weniger Zeit beansprucht, den Boden mehr oder weniger angreift und noch dazu im fertigen Zustand merkbare Unterschiede der Festigkeits- und anderer Proben zeigt.

Dagegen können zwei Roheisensorten, die, jede für sich verarbeitet, ungünstige Resultate gegeben haben, im richtigen Verhältniss gattirt, jede beliebige Qualität liefern. Durch Mischen sehr vieler Roheisenmarken steigerte man die Gleichförmigkeit des Produktes ebenfalls.

Noch sind Versuche mit nicht gewöhnlichen Zusätzen zu erwähnen, die man in Landore ausgeführt hat.

Wolfram, im Bad selbst zugesetzt, härtet den Stahl, ohne seine Zähigkeit zu vermindern, doch ist zweifelhaft, ob der erhaltene Vortheil die Mehrkosten rechtfertigt.

Zinn, welches in Form unvollständig entzinnter Weissblechabfälle ins Bad gebracht wurde, verursachte Rothbruch und verminderte die Schweissbarkeit.

Blei und Zink, in das Bad gebracht, verflüchtigen sich sofort und bringen lediglich eine Belästigung der Schmelzer hervor, ohne den geringsten Einfluss auszuüben.

Chrom gibt dem Stahl eine sehr grosse Härte, gleichzeitig aber eine erhebliche Sprödigkeit.

Kupfer findet Willis nicht so schädlich, wie es gewöhnlich hingestellt wird.

Bei 0,3/$_{00}$ *Cu* beobachtete man erst Kantenrisse beim Ausschmieden, was von Wichtigkeit ist, da die meisten Ferromangane aus kupferhaltigen Eisenerzen gemacht werden (purple ore etc.).

Der Schlusspassus der Willis'schen Bemerkungen lautet, dass zur Darstellung von weichem Stahl der Flammofenprocess unbedingt dem Converterprocess vorzuziehen sei, weil das Silicium vollständig eliminirt werde, weil verschiedene Roheisenmarken gattirt werden könnten und weil die Sicherheit der Kohlenstoffbestimmung im Produkt eine durchaus absolute sei. (Mitgetheilt durch Gg. in den Referaten des Technischen Vereins für Eisenhüttenwesen, November 1880.)

C. Theorie und Verlauf der Kohlungsprocesse des Stabeisens und der damit verbundenen weiteren Verarbeitung.

§ 273. Die Zuführung von Kohlenstoff zu entkohlten Frischprodukten, um kohlereichere, meist harte Stahlsorten herzustellen, ist ein sehr altes Verfahren, welches, wie Karsten hervorhebt (Eisenhüttenkunde IV, S. 480), wahrscheinlich schon im Beginn des vorigen Jahrhunderts, als Réaumur seine klassische Schrift über Tempern und Cementiren schrieb, den Grad der Vollendung erreicht hatte, die heute an demselben wahrzunehmen ist, wobei höchstens die Oefen und Apparate vervollkommnetere Einrichtungen erhalten haben dürften.

Die Reinheit und Güte der Produkte ist dagegen früher vermuthlich grösser gewesen, weil sorgfältiger, in kleinerem Maassstab und mit mehr Aufwand an Zeit und Brennstoffen gearbeitet werden konnte.

Der Cementirprocess, die Grundlage der ganzen Arbeit, ist gewissermaassen die Umkehrung des Glühfrischens und des Temperns und verläuft insofern ähnlich, als auch hierbei, ohne jede Veränderung des Aggregatzustandes, eine chemische Veränderung eintritt, welche allerdings diesmal in der entgegengesetzten Richtung verläuft, wie die beim Temperprocess beobachtete.

Durch Einlegen von gefrischten Eisenstäben in grobes Holzkohlenpulver oder irgend eine andere kohlige Substanz und durch Glühen bei Luftabschluss wird eine von aussen nach innen fortschreitende Kohlung des Eisens hervorgebracht, wie bei dem Tempern eine von aussen nach innen abnehmende Entkohlung. Die nach dem Erkalten herausgenommenen Stäbe sind so brüchig, als wären sie gehärtet, und die vollständige Verwandlung in Stahl lässt sich hauptsächlich an diesem Verhalten erkennen, mit der Maassgabe, dass durchaus nicht alle Stäbe eines Cementirkastens und ebensowenig alle Theile eines Stabes gleiche Beschaffenheit haben.

Der zackige Bruch des Stabeisens macht im Cementationsprocess einem blätterigen Gefüge Platz, dessen Elemente zuerst als weisse Blättchen erscheinen, die regelmässig und gleich gelagert sind. Je weiter der Process voranschreitet, um so mehr nehmen die Blättchen an Grösse ab, verlieren im gleichen Verhältniss ihre weisse Farbe und bekommen ein dunkleres Ansehen. Zuletzt erscheinen sie dem blossen

Auge als Körner von grauer Farbe, welche anfänglich wenig gesättigt erscheint und einen weichen Stahl, also von geringerer Kohlung, anzeigt. Mit dem Dunkelwerden der Körner erlangt der Stahl eine immer grössere Härte, und zeigen sich die Körner sehr dunkel und sehr fein, so dass man sie nur schwer noch unterscheiden kann, weil die Masse ein fast geflossenes Aussehen hat, so wird der Stahl so wild, dass er sich kaum noch schweissen und weiter behandeln lässt.

Dabei erhält das beste Eisen bei einerlei Grad der Cementationshitze immer die grössten und ausgezeichnetsten Blättchen (Karsten a. a. O., S. 483). Hierbei ist jedenfalls eine zu lang andauernde Cementation ausgeschlossen, da ja bei dieser die Blättchen allmälig kleiner werden dürften, wenn nicht auch in diesem Fall ein reineres Eisen immer ein grösseres Blättergefüge zeigt als ein minder reines Material.

In welcher Weise die Kohlung des Eisens eigentlich erfolgt, ist schwer zu erklären; auch Versuche von Forquignon mit Glühungen in Kohlenpulver ergaben keine Handhabe. Vielleicht entsteht mit Hülfe der in der Kohlenpulverfüllung eingeschlossenen Luft Kohlenoxyd, welches kohlend auf das Eisen einwirkt und ein hellfarbiges Kohleeisen bildet, das zuerst vereinzelt, dann zusammenhängend in der Textur auftritt und später durch Ueberhitzung und langsames Erkalten etwas Aehnliches ausscheidet, wie der von Forquignon deutlich nachgewiesene, grösstentheils amorphe Kohlenstoff. Dadurch würde auch die dunklere Färbung erklärt werden, die nach und nach eintritt, die aber nicht vorkommt, wenn man einen Stab heiss herausnimmt und rasch abkühlt.

§ 274. Neuere Versuche von Reinhard Mannesmann (Zeitschrift des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen 1879, S. 31) scheinen indessen die Wirkung des Kohlenoxyds als unwahrscheinlich auszuschliessen.

Die Versuche wurden so angestellt, dass nur ein Theil des zu cementirenden Stabes in Kohlenstoff verpackt war, der andere in einer indifferenten Substanz, welche indessen dem etwa sich bildenden Kohlenoxyd den Durchgang gestattet haben würde.

Ein Versuch dieser Art wurde mit Ceylongraphit gemacht, ein anderer mit Zuckerkohle und mit Russ angestellt, während als indifferentes Mittel reine Chamottescherben benutzt wurden. In allen Fällen zeigte sich nur die in Kohlenstoff eingepackt gewesene Stabhälfte stark cementirt, während an der anderen ein Einfluss nicht zu erkennen war.

Der interessanteste Versuch Mannesmann's bestand aber darin, ein Schmiedeeisenstück mit Spiegeleisen zu umgiessen oder in erstarrendes Spiegeleisen einzulegen und später nach Erstarren das Ganze zu glühen. Bereits eine Glühdauer von 21 Minuten hat genügt, um eine 1 mm dicke Stahlschicht zu bilden.

Demnach ist vorläufig die Wanderung des festen Kohlenstoffs in dem cementirten Eisenstab als ziemlich erwiesen anzusehen.

Weiterhin hat Mannesmann untersucht, in welcher Weise die Temperatur der Cementation wirksam wird, und hat gefunden, dass die aufgenommene Kohlenstoffmenge und die Temperatur direkt proportional sind.

Ein Schmiedeeisenstück, in Holzkohle zur Weissgluth erhitzt, zeigte schon nach 45 Minuten eine Kruste weissen Roheisens von 3—5 mm Stärke mit nahezu dem höchsten Kohlenstoffgehalt ($4,76/_{00}$), den das Eisen aufzunehmen vermag, während ein in der Cementirkiste der gewöhnlichen Temperatur (Hellrothgluth) ausgesetzter Eisenstab nach dem 13. Tag unverändert $1,2/_{00}$ Kohlenstoff zeigte, auch, als man das Glühen noch weitere drei Tage fortgesetzt hatte.

Hinsichtlich der Gleichmässigkeit der Kohlung wirkt die Temperatur ganz anders; hierbei tritt jedenfalls eine Zeitfunktion auf, welche durch die Temperatursteigerung nur ganz unwesentlich oder gar nicht beeinflusst wird. Ein rasch und in hoher Temperatur in seinen äusserlichen Schichten verändertes Schmiedeeisenstück zeigt weit grössere Unterschiede im Kohlenstoffgehalt des Kerns und der Rinde oder Kruste. Die oben erwähnten, in 45 Minuten äusserlich in Roheisen verwandelten Schmiedeeisenstäbe zeigten z. B. unter der weissen Haut eine 2½ mm dicke Stahlschicht und darunter ganz unverändertes Schmiedeeisen; auch waren die Schichten scharf voneinander abgegrenzt und gut unterscheidbar.

Die Untersuchungen von Probestangen, welche den normalen Cementationsprocess in den Kisten der Cementöfen durchgemacht hatten, ergaben:

für	eine	7tägige	Glühung	eine	½	mm	starke Stahlschicht	mit	$0,65/_{00}\,C$,
„	„	8 „	„	„	1	„	„	„	0,94 „
„	„	9 „	„	„	2	„	„	„	0,95 „
„	„	10 „	„	„	2,6	„	„	„	1,1 „
„	„	11½ „	„	„	3	„	„	„	1,2 „

Nach 13½stündigem Glühen zeigte sich ein annähernd gleichmässig durch das ganze Stück vertheilter Kohlenstoffgehalt von $1,2/_{00}$, welcher sich durch länger fortgesetztes Glühen nicht mehr steigern liess.

In einzelnen Fällen erzielte man auch eine Art Graueisen mit Ausscheidung von nicht graphitischem amorphen Kohlenstoff, der aber nicht näher untersucht worden ist.

Rinman bezeichnete bekanntlich diese vorzugsweise im Cementstahl beobachtete Ausscheidung, welche Ledebur als Kohleeisenlegirung hinstellt (Eisenhüttenkunde S. 238), als Cementkohle, obwohl nicht anzunehmen ist, dass sie ausschliesslich im Cementstahl sich finden dürfte.

§ 275. Wedding führt (Schmiedbares Eisen, S. 585) die nachstehenden Analysen vom Cementstahl an:

	C	Graphit	*Si*	*P*	*S*	*Mn*	*N*
Weicher Elberfelder Cementstahl nach Bromeis	0,416	0,080	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Englischer Cementstahl	1,87		0,10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Desgl.	0,627	0,105	0,03	—	0,005	0,12	—
(beide ungehärtet ausgeschmiedet u. kalt gehämmert).							
Englischer Cementstahl (ohne Angabe der Bearbeitung)	1,20	0,30	n. b.	—	—	—	0,016
Derselbe (ungehärtet ausgeschmiedet)	1,24	0,30	—	n. b.	—	—	—
Derselbe (gehärtet)	1,48	0,02	n. b.	—	—	—	0,016

Weitere Angaben über den Vorgang der Cementation sind nicht veröffentlicht, doch geht aus dem Vorgetragenen hervor, dass man es mit einer der interessantesten Reaktionen zu thun hat, welche sich unmittelbar an die längst bekannte Verstählung durch Erhitzen in verschiedenen Mitteln anschliesst und eigentlich nur einen vollkommeneren Grad derselben darstellt.

Wie die ganze Erscheinung auch verlaufen mag, so steht doch hinlänglich fest, dass die in einem solchen Verfahren gleichzeitig und gleichmässig behandelten Stäbe durchaus nicht gleichmässig ausfallen, sondern nach erfolgtem Zerbrechen der genauesten Sortirung bedürfen.

Die Enden der Stäbe sind oft verschieden in der Qualität von den Mittelstücken, und ebenso ist das Aeussere des Einzelquerschnittes natürlich ganz anders als der Kern, so dass es eben einer zweiten Arbeit, des Homogenisirens, bedarf, um ein brauchbares, vor Allem gleichmässiges Produkt zu erlangen.

In alter Zeit und zum Theil noch heute geschah diese Arbeit durch ein vorsichtiges Aufeinanderschweissen und Ausrecken zu Stangen und Plattstäben. Oftmals war man gezwungen, dies zu wiederholen, und erzielte doch nie mit absoluter Gewissheit vollkommen gleichmässige Waaren, so brauchbar sie auch in mancher Beziehung sich zeigten.

Eine grössere Bedeutung erlangte das Cementationsverfahren erst in Verbindung mit dem Umschmelzprocess in Tiegeln, der besonders in England seine bedeutendste Entwickelung gefunden hat.

Man verbindet die Erfindung des Gussstahls gewöhnlich mit dem Namen Benjamin Huntsman, Uhrmacher in Doncaster, welcher, unzufrieden mit dem als deutscher Stahl bekannten Herdfrischstahl, nach einem Ersatz suchte.

Ob bei diesen langjährigen Untersuchungen und Versuchen auch die 1722 publicirten Arbeiten Réaumur's über Cementiren und Tempern von Einfluss gewesen sind, ist nicht erwiesen, immerhin aber nicht unmöglich. Thatsache ist nur, dass bereits in einem 1750 erschienenen Flugblatt (State of the trade and manufacture of Iron) das Huntsman'sche Verfahren ganz genau und als das vorherrschende Stahldarstellungsverfahren beschrieben wird; auch wird schon damals der Gesammtverbrauch an schwedischem Stabeisen auf 4000 Tons jährlich angegeben (Jeans, Steel, its history etc., S. 10 u. ff.). Das anfänglich sehr geheim gehaltene Verfahren Huntsman's wurde schliesslich zum Theil durch Verrath in weiteren Kreisen bekannt und, da es durch kein Patent geschützt war, ausgenutzt. Bereits 1835 zählte man in Sheffield 56 Cementiröfen und 554 Schmelzöfen, welche 12000 Tons Schmiedeeisen verarbeiteten. Im Jahre 1851 arbeitete die Firma Naylor, Vickers & Co. allein mit 8 Cementiröfen und 9 Schmelzöfen zu insgesammt 180 Tiegeln; ganz Sheffield machte damals 18000 Tons Gussstahl vorwiegend aus schwedischem, daneben auch aus russischem Eisen.

Das Verfahren, welches jetzt bis zu einem gewissen Grade Gemeingut geworden ist, besteht in zwei verschiedenen Operationen:

dem Cementiren des Schmiedeeisens,
dem Homogenisiren des cementirten Produkts durch Umschmelzen.

Da das cementirte Eisen an sich ein absolut unbrauchbares Produkt darstellt, gehört das Homogenisiren unbedingt zur Fabrikation, denn dann erst wird ein richtiger Stahl daraus, wenn die fertigen Stäbe eine gleichmässige Textur und Zusammensetzung zeigen. Man kann deshalb die zweite Operation nicht als eine blosse Vollendungsarbeit wie andere Schweissarbeiten oder Umschmelzarbeiten ansehen; vielmehr wird sich aus der folgenden Darstellung des normalen Verlaufs ergeben, dass Schmelzen und Gärben ein wirklich integrirender Theil des Verfahrens ist.

Besonders der Begriff **Gussstahl** lässt sich mit dem nicht umgeschmolzenen cementirten Eisen in gar keine Verbindung bringen, wenn auch mancher Gussstahl lediglich durch Zusammenschmelzen verschiedener Abfälle hergestellt wird und man in diesem Falle also sich ganz gut eine Trennung der ursprünglichen Stahldarstellung von der Veredelung durch Umschmelzung denken kann.

§ 276. Die praktische Ausführung und der wirkliche Verlauf des englischen Gussstahlprocesses beruhen wesentlich auf einer durch lange Erfahrungen erworbenen gründlichen Materialkenntniss. Die Leitung des Processes selbst tritt weit weniger in den Vordergrund, da sie doch nicht mit solcher Sicherheit auf das Resultat hinzuwirken vermag, als wie die sorgfältige Auswahl des geeigneten Materials.

Aus diesem Grunde beobachtet man in den betreffenden grossen und altberühmten Sheffielder und an anderen Orten bestehenden Fabriken ein zähes Festhalten an dem einmal erkannten guten Material und eine stete Sorge, dass die Fabrikation dieses Materials unverändert im alten Geleise weitergehe.

Man verwendet in England das beste schwedische und russische, bei Holzkohlen gefrischte Schmiedeeisen, welches mit verschiedenen Marken, je nach Herkunft und Qualität, versehen wird und während mehr als 100 Jahren ausschliesslich durch ein Importgeschäft zu Hull (Joseph Sykes & Co.) für die Sheffielder Industrie in seiner Darstellung überwacht und eingeführt wurde. Diese gemeinsame Versorgung findet auch heute noch für die zahlreichen kleineren Gussstahlwerke statt, während grosse Werke, z. B. Th. Firth & Sons, Naylor, Vickers & Co. u. A., direkt ankaufen und grosse Eisenmagazine, theils auf ihren Werken, theils an den Abladestellen am Ufer des Don unterhalten.

Die Marken Hoop L, G L, Double bullet haben ursprünglich als die besten gegolten, während man die Marken W Krone, G F Hoop S, J B Krone, Steinbok, S u. s. w. als zweite Qualität ansah, obwohl sie für die weniger empfindlichen Verwendungen gleich gute Resultate in der Fabrikation gaben als jene.

Eine norwegische Marke sowie etliche weniger bekannte schwedische, endlich grössere Quantitäten der Marke C C N D von den Demidoff'schen uralischen Werken bildeten neben den oben speciell angeführten Marken erster und zweiter Qualität das einzige Material des Sheffielder Gussstahlprocesses.

Da es von jeher die Gewohnheit der dortigen Fabrikanten war (und zum Theil noch ist), den eben cementirten Stahl zu brechen und nach der Brucherscheinung für die verschiedenen Verwendungen zu sortiren, und da die daraus dargestellten Produkte wiederholt in gleichem Sinn in die Hände der Fabrikanten kamen, so wurden die letzteren durchaus bekannt mit den verschiedenen Qualitäten der einzelnen verwendeten Marken und kamen nach und nach zu der Ansicht: ihr Ruf als Gussstahlfabrikanten hänge wesentlich von der richtigen Anwendung des Materials, d. h. von der Sortirung je nach den verschiedenen Zwecken ab.

Die Bevorzugung, bezw. die Verwerfung der einzelnen bekannten Handelsmarken und die Furcht vor dem Verlust des Rufes waren so fest eingebürgert, dass eine beliebig andere geeignet scheinende Eisensorte nur zu sehr billigem Preise eingeführt werden konnte, sobald der Bedarf nur einigermaassen durch die guten alten Bezugsquellen gedeckt werden konnte.

Nach und nach fanden auch einheimische Schmiedeeisensorten Eingang, und namentlich diejenigen, welche ein scharfes Cementiren nicht nöthig hatten, also selbst etwas kohlehaltig waren. Der Erfolg war befriedigend, und Marken wie Low Moor und Bowling (Yorkshire) waren darunter die ersten und bestbezahlten, wenn es auch wohl noch andere, ebenso geeignete gegeben haben würde. Sie sind vielfach und jahrelang für Gabeln, Sägeblätter, Federn und andere ähnliche Artikel verwendet worden (Jeans, Steel, its history etc., S. 320).

§ 277. Diese eigensinnige Bevorzugung schwedischen, norwegischen und russischen Eisens ist wesentlich auf die absolute Reinheit der Rohmaterialien zurückzuführen, aus denen jene Sorten hergestellt werden.

Alle die genannten Marken stammen aus dem Produktionsbereich der ältestbekannten, durchaus reinen Magneteisenlagerstätten der betreffenden Länder. Das Erz von Dannemora und anderen Orten, das von Arendal und von Goroblagodat gelten als Typen reinster und reichster Eisenerze; da neben denselben auch mehr oder minder verunreinigte, z. B. schwefel- und phosphorhaltige, Erze auftreten, so laufen unter den Roheisen- und Stabeisenmarken jener Bezirke eine grosse Anzahl minderwerthiger mit, die einer genauen Untersuchung von Seite Derer bedürfen, welche, wie beispielsweise viele neuere Firmen Sheffields, Mangels anderer Bezüge gezwungen sind, sie zu verwenden. Das thaten die alten Firmen nicht, und noch heute wird unter den Werkesbesitzern ersten Ranges der Gebrauch eines chemischen Laboratoriums in einer echten Gussstahlfabrik als ebenso verdächtigend angesehen wie der Betrieb eines Converters oder eines Martinofens.*)

Nicht allein die Erzqualität bedingt die Vorzüge des eingeführten Stabeisens, auch die Verwendung der Holzkohle, sowohl zum Hochofen als zum Frischfeuerbetrieb, trägt dazu bei, die Reinheit zu erhalten.

*) Dies beruht auf einer 1878 gethanen, eindringlich wiederholten Aeusserung von Mr. Firth dem Verfasser gegenüber. Alle die zum Theil mustergültigen Stahlwerke mit Bessemer- und Martinbetrieb, z. B. John Brown & Co., Brown, Bayley & Dixon, Charles Cammel & Co. und viele Andere, gelten in den Augen dieser sehr ehrenwerthen Empiriker nicht als vollkommen qualitätssichere Tiegelstahlwerke, obwohl sie neben dem Flussstahlbetrieb oft noch sehr bedeutenden Tiegelbetrieb haben. Aber ihre Cementiröfen rauchen selten!

Versuche, schwedisches Roheisen in England zu verpuddeln und daraus geeignetes Cementirmaterial herzustellen, haben sofort schlechte Resultate gegeben.

Noch wichtiger in dieser Hinsicht waren weiter die Versuche, schwedische Frischluppen oder Deule in englischen Cokesfeuern auszuschweissen und zu verwalzen; auch hier zeigte sich sofort der Einfluss des Schwefels in Brennstoffen. Auch beim Tiegelschmelzen selbst vermeidet man in den Windöfen unreineren Cokes, obschon sich dabei ein Schutz des Stahleinsatzes wohl durchführen lässt.

Jeans (S. 321 a. a. O.) führt noch an, dass das englische Eisen allerdings einen gewissen Vorzug vor dem eingeführten Holzkohlenstabeisen habe, den grösserer Gleichmässigkeit und tüchtigerer Durcharbeitung, beides die Folgen höherer Temperaturen in den Darstellungs- und Vollendungsprocessen, sowie der wuchtigeren und besser construirten Hämmer und Walzwerke.

Die bei Weitem grössere Reinheit des fremden Eisens wiegt indessen diese Vorzüge des englischen Eisens für alle besseren Zwecke vollständig auf. Analoges ist auch bei der Ausführung des Cementirprocesses auf continentalen Werken beobachtet worden, weil dort die Verwendung schwedischen Eisens unmöglich und man zu einheimischen Frischprodukten greifen musste.

Man cementirt sowohl Frisch- als Puddeleisen und zieht Feinkorneisen oder weichen Puddelstahl vor; bei der Verwendung des ersteren vermeidet man packetirt gewesene Sorten und zieht Stäbe vor, die direkt aus Luppen gewonnen sind. Es geschieht dies vermuthlich der besseren Homogenität wegen oder weil Schlackeneinschlüsse, die dann vorkommen könnten, für die Stahlqualität bedenklich sind.

§ 278. Wie schon gesagt, geschieht die Homogenisirung des rohen blasigen Cementstahls in zweierlei Weise, durch Ausrecken und auch noch durch späteres Zusammenschweissen der ausgereckten und geplatteten Stäbe, dann durch Schmelzung. Wiewohl das letztere Verfahren in Verbindung mit der Cementation das eigentliche Wesen des englischen Processes der Gussstahlfabrikation ausmacht, so wird zu mancherlei Zwecken, z. B. Tuchscheermessern etc., auch in Sheffield der Rohstahl einfach oder wiederholt ausgereckt.

Jeans theilt darüber (Steel, its history etc., S. 329) das Nachstehende mit, indem er einleitend bemerkt, dass sowohl der einfach als der doppelt geschweisste Scheermesserstahl in Beschaffenheit und Werth sehr verschieden ausfallen können und darin sowohl von der Beschaffenheit des Rohmaterials als auch von der Geschicklichkeit der Behandlung abhängig sind.

Das ausgesuchte Material (GL, W Krone und GF) wird zunächst stark cementirt, worauf die Stäbe in ca. 37—38 cm (16 Zoll englisch) lange Bruchstücke zerbrochen und an beiden Enden auf das Sorgfältigste untersucht werden. Es werden drei Sorten gemacht, eine ohne Weiteres verwendbare, eine zu weiche (welche nochmals zum Cementiren kommt) und eine zu ungleiche, die zum Schmelzen geht. Danach werden die gleichmässigsten Stücke allein zur direkten Arbeit für verwendbar erachtet und dieselben wiederum in vier Gruppen oder Klassen sortirt.

Die mindest gute Sorte wird zur Tafelmesserfabrikation bei Seite gelegt, die nächste, stärker cementirte Sorte wird dagegen zu Werkzeugen und anderen dem entsprechenden Verwendungen, welche im Allgemeinen als Double shear gehen, zurückgelegt. Die nächste, noch härtere Klasse wird zu der Waare verwendet, die als Double spur geht, oder auch zu solchen Waaren der Double shear-Qualität, welche nochmals angelassen werden sollen. Man bezeichnet diese Klasse überhaupt als H und die noch härtere vierte mit HH.

Durch dieses sorgsame Sortiren wird überhaupt eine viel feinere Waare erzielt als durch das Durcheinanderverwenden der gleichen Marken von dem rohen Cementstahl.

Diese so ausgesuchten Stäbe werden nunmehr im Schweiss- und Wärmfeuer der verschiedensten Construktion, meist aber unter Schmauchflamme ausgewärmt und ausgeschmiedet, eventuell auch gewalzt zu Materialstahl für Stahlwaarenfabrikanten.

Grössere Objekte liefert meist die Stabeisenmarke GL, demnächst W und Krone; es können nur die besten Marken genommen werden, weil die nachher vorzunehmenden Operationen die Qualität immerhin etwas herunterdrücken und schädigen.

Die Rohstäbe, nachdem sie ebenfalls gebrochen und sortirt sind, werden rothwarm gemacht und unter dem Schmiedehammer zu Stäben von $1\frac{1}{2}$—$1\frac{3}{4}$ Zoll Breite, $\frac{1}{2}$—$\frac{5}{8}$ Zoll Stärke ausgeschmiedet. Von diesen werden 6—7 aufeinander gelegt und mittelst aufgelegter Keile in einem eisernen Haken eingeklemmt, welcher einen Handgriff hat und in ein mit Cokes geheiztes, hollow-fire, geschlossenes Feuer gebracht wird, das mit einem schwach gepressten Windstrom betrieben wird.

Dort erhitzt man das Bündel, die Garbe, langsam bis zur Schweisshitze, während der Stahl mit feinem Thonpulver bedeckt worden ist, um Luft und jede Oxydation abzuschliessen.

Sobald die Schweisshitze erreicht ist, wird mit langsam sich folgenden Hammerschlägen geschweisst, und wenn die Schweissung gelungen erscheint, die Garbe auf 2 Zoll im Quadrat gebracht; sobald das eine Ende in dieser Weise fertig ist, löst man die Keile aus dem Haken oder der Klammer und steckt nun den noch nicht zusammengeschweissten Theil ins Feuer, das ausgeschmiedete Ende als Handhabe benutzend.

Man kann auch flache Profile anstatt des quadratischen Profils ausschmieden, dann ist aber die grössere Dimension nach der Richtung der Aufeinanderpackung zu legen. Man bezeichnet die Produkte dieser einmaligen Schweissung als Single shear, während der in der vorstehenden Klassification genannte Double shear erst aus einer nochmaligen Schweissung hervorgeht.

Diese zweite Operation wird durch Flachschmieden der ersten Garbe, Brechen derselben, Zusammenlegen und abermaliges Verschweissen ausgeführt. Die Textur wird wesentlich feiner und die Qualität steigt, wogegen durch die Eigenthümlichkeit der Hammer- und Ambossbahnen oftmals ein Nachtheil verursacht wird, da dieselben flachgewölbt geschliffen sind, dadurch hohle Flächen auf den ausgeschmiedeten Stäben hervorbringen, welche beim erneuten Zusammenlegen nach dem Brechen einen Hohlraum in der Mittelebene des neuen Stückes bilden.

Dieser wird gefährlich nicht allein durch eingeschlossene Oxydate, sondern dadurch, dass auch die Thonüberzüge des ersten Schweissens sowie Asche etc. dazwischen bleiben und die zweite Schweissung beeinträchtigen können. Beim Härten spalten wenigstens viele der zweimal geschweissten Stäbe der Länge nach auseinander.

Noch mehr Schwierigkeiten als diese beiden Schweissungen machen die umfänglichen Schweissarbeiten; dieselben sind wohl grösstentheils durch Verwendung von gegossenem Stahl beseitigt, da die Homogenisirung auf diese Weise ganz andere und bessere Resultate liefert.

Es erschien indess angebracht, die vorstehende kurze Darstellung des Gärbens hier einzuschalten, um die Mühseligkeit des Gärbverfahrens und die Leichtigkeit und Bequemlichkeit des Tiegelgussverfahrens einander gegenüberzustellen.

§ 279. Die Apparate zu der Ausführung der Cementation sind im Princip dieselben wie die zur Ausführung des Temperns; dort wie hier ist ein allmäliges Anfeuern, ein gleichmässiges Vollfeuer und ein langsames Abkühlen Bedingung. Construktiv mussten aber beide Apparate verschieden ausfallen, insofern die Gestalt der zu behandelnden Gegenstände in den beiden Fällen eine äusserst verschiedene war.

Während beim Tempern des Gusses auf jegliche Gestalt und Grösse der Gegenstände gerechnet werden musste und man deshalb stets vorzog, dieselben in einzelne Gefässe zu packen und mit diesen Gefässen wiederum den Back- oder Glühofen vollzusetzen, gestaltete sich bei dem Cementiren die ganze Anordnung weit einfacher, da man nur Materialstäbe von gleichem Habitus zu behandeln hatte.

Daher ging man sehr bald dazu über, die Cementation in grossen, einen festen Bestandtheil der ganzen Heizanlage bildenden sargartigen Kisten von bedeutender Grösse vorzunehmen, welche vom Feuer umspült wurden und welche unter einem mit Strahlungsgewölbe versehenen Rauchhut parallel nebeneinander, doch durch die Feueranlage getrennt angeordnet waren.

Wie alle derartigen, nicht continuirlichen Heiz- und Betriebsanlagen, hatten auch die Cementiröfen einen gegenüber anderen Feuerungsanlagen verwandter Betriebe sehr bedeutend zu nennenden Brennstoffverbrauch, den man mit fortschreitender Ausbildung der Gussstahlindustrie überhaupt zu verringern strebte.

Es wurden, da eine Continuität des Betriebes ausser in einem Ringofen nicht denkbar erschien, da jede Ladung eine scharfe Controle verlangte, und da sich die verwendeten Eisensorten oft sehr verschieden verhielten und verschieden behandelt werden mussten, verschiedene Versuche gemacht, theils durch thunlichste Vergrösserung der Kisten und Einsätze, theils durch knappe Dimensionirung der Feuerungsanlagen, endlich auch durch Anwendung von Gasfeuerungsconstruktionen den Brennstoffconsum herunterzudrücken, und noch in den letzten zehn Jahren sind manche derartige Neuerungen bekannt geworden.

Sehr weit gelangte man indessen doch nicht, da die Eigenart des Verfahrens jede zu weit gehende Vergrösserung des Betriebes verbot, und da die Concurrenz des sub D. zu betrachtenden Verfahrens den lediglich mit Cementstahl arbeitenden Gussstahlprocess mehr und mehr einschränkte. Man findet deshalb, wie schon angedeutet, sehr viele Cementiröfen ausser Betrieb und trifft den lediglich auf die ausgezeichnetste Beschaffenheit hinarbeitenden Sheffielder Process nur noch in England, Schweden und an wenigen Orten des Continents und Amerikas.

Will man ihn studiren, so muss man die Sheffielder Werke besuchen und vor Allem diejenigen, welche dem alten Programm vollkommen treu geblieben sind und weder uncementirtes Eisen noch Roheisenzusätze etc. verarbeiten oder neben den Tiegelöfen andere Flusseisendarstellungs-Apparate betreiben.

§ 280. Die Umschmelzapparate des englischen Gussstahlverfahrens sind theils gewöhnliche Windöfen, theils Gasöfen. Auch hierbei macht sich oftmals eine gewisse Zurückhaltung den Verbesserungen der Neuzeit gegenüber geltend und ein in dieser Ausdehnung nicht immer berechtigtes Festhalten am Alten.

Die Hauptsache bei der ganzen Schmelzung ist die genügende Hitze, um die Einsätze in möglichst kurzer Zeit in Fluss zu bringen und zu der gewünschten Temperatur zu erhitzen. Demnächst

sucht man schädliche Einwirkungen durch unreine Ofengase, Flugasche etc. fern zu halten und benutzt z. B. in Sheffield eine ganz besondere mittelschwere Cokessorte, welche aus einer gasreichen Backkohle der Umgegend*) dargestellt wird und sich durch grosse Reinheit sowie einen äusserst geringen Aschengehalt auszeichnet. Auf den zuletzt erwähnten Umstand achtet man schon im Interesse der Erhaltung der Schmelztiegel und ihres längeren Gebrauchs; die Asche der Cokes schmilzt nicht, sondern sammelt sich als weisses Pulver unter dem Roste.

In jedem Ofen stehen 1—2 Tiegel, während man anderwärts auch mehr einzusetzen versucht hat, davon aber zurückgekommen ist wegen der Ungleichmässigkeit der Schmelzungen in den einzelnen Gefässen. Diese Wirkung schreibt man in Sheffield auch den Gasöfen zu, weshalb dieselben noch wenig eingeführt sind und allererste Waare nur aus den Windöfen alter Construktion erfolgt. Das Einzige, was man hier und da an diesen ursprünglichen Apparaten verändert hat, ist die Bauart der Abzüge und Essen. Während früher jeder Ofen seine Esse besass, hat man jetzt die Füchse der Oefen in einen gemeinschaftlichen Kanal geführt, der in den Fuss einer Esse mündet.

Die Tiegelgasöfen werden in der nächsten Abtheilung beschrieben werden. Das Schmelzen verläuft dergestalt, dass gewöhnlich drei Chargen in 24 Stunden erfolgen, wobei zu bemerken ist, dass das Chargengewicht etwa 50 Pfund oder rund 25 Kilo beträgt. Ausnahmsweise arbeitet man mit Einsätzen von 70 und 100 Pfund; dies setzt aber eine ausgezeichnete Tiegelfabrikation voraus, da mit der Grösse der Gefässe die Haltbarkeit in einem umgekehrten Verhältniss steht.

Benutzt man, was möglichst geschieht, zu den aufeinander folgenden Chargen denselben Tiegel, so vermindert man die Chargen nach und nach, damit die Schlackendecke, die immer stark auf die Tiegelwände einwirkt, etwas unter diejenige Stelle rückt, an der sie in der unmittelbar vorhergehenden Charge gestanden hat. So folgen im Sheffielder gewöhnlichen Betrieb Einsätze von 48, 44 und 30 Pfund aufeinander, während bei stärkerem Betrieb die Reihenfolge 66, 60 und 50 Pfund ist.

Das Schmelzen selbst dauert 4 Stunden in der ersten, 3 Stunden in der zweiten und $2^1/_2$ bis 3 Stunden in der dritten Besetzung; der Stahl muss aber vollkommen ruhig fliessen und so hell leuchten wie die strahlendste Sonne, ehe er ausgegossen werden kann. Daher nimmt jede Charge einschliesslich der Nebenarbeiten immer die angegebene Zeit in Anspruch.

Das Giessen erfolgt in vorgewärmte und geschwärzte Formen von Eisen, unter vollkommener Vermeidung aller Beunruhigung, weshalb auch fettige Ueberzüge der Gussformen unzulässig sind (Jeans, a. a. O., S. 338).

D. Theorie und Verlauf der übrigen, besonders der deutschen Gussstahlprocesse.

§ 281. Das englische, im Vorigen geschilderte Verfahren, Gussstahl aus cementirten Stabeisen darzustellen, hat zu Nachahmungen geführt, unter denen die in Deutschland und Frankreich üblichen Processe die erste Stelle verdienen.

Sie bestehen wesentlich, wie schon Eingangs des Kapitels gesagt wurde, im Zusammenschmelzen von gefrischtem Stahl mit genau sortirten Abfällen unter Zusätzen kohlearmen, sehr reinen Roheisens und unter Anwendung von Reduktionsmitteln, gewöhnlich kleinen Mengen von Spiegeleisen.

Wo, wie bei den namhaften Gussstahlwerken Westfalens und der Rheinprovinz, der Ersatz des Sheffielder Gussstahls von Hause aus beabsichtigt worden ist, und wo man sich namentlich bemüht hat, das Tiegelgiessverfahren in allergrösstem Maassstab und zur Herstellung der grössten Stücke auszubilden, konnte man die ausschliessliche Verwendung cementirten Eisens nicht beibehalten, obwohl man für manche Fälle dieselbe keineswegs ausgeschlossen hatte.

Das Hauptmaterial wurde gepuddelter Stahl von verschiedenem Kohlenstoffgehalt, welcher ohne Zusammenschweissung ausgewalzt, dann gebrochen und sortirt, an die Stelle des cementirten Zwischenprodukts der Sheffielder Methode trat und zu den entsprechenden Stahlqualitäten gattirt und in Tiegeln verschmolzen wurde.

Dass an Stelle des Puddelstahls späterhin auch Bessemerstahl getreten sein soll, ist vielfach behauptet, doch nicht immer bewiesen worden. Grundsätzlich ist gegen die Verwendung von Bessemerstahl oder Flusseisen zum Tiegelbetrieb Nichts zu erinnern, da bei gleicher Sorgfalt in der Auswahl die Gleichmässigkeit eines aus einem Gussblock gewalzten Stabes unmöglich hinter der Gleichmässigkeit eines aus einer Puddelluppe gewalzten Stabes zurückstehen dürfte.

Nur die Unterstellung, dass bei der Benutzung von Bessemerprodukten dieselben in flüssiger Form verwendet und dem Tiegelmetall direkt vor dem Ausgiessen zugesetzt oder beigemischt werden könnten, hat zu grosser Vorsicht in der Benutzung der Converterprodukte geführt.

*) Die besten Cokes liefert Thorncliffe Coll.; dieselben sind dunkel und von geflossenem Aussehen (vgl. Dürre, Deutsche Industriezeitung 1883, S. 84).

Die Behandlung des Metalls ist dieselbe wie beim Tiegelprocess aus Cementstahl. Die Einsätze gelangen wie dort in die vorgewärmten Gefässe, die ihre definitive Lage im Ofen haben müssen, und werden unter einer schützenden Decke von Glas oder Hochofenschlacke rasch geschmolzen und später so lange erhitzt, bis ruhiger Fluss und vollste Weissgluth eingetreten sind.

Je weniger die Beschaffenheit der einzelnen Bestandtheile des Einsatzes gegenseitig abweicht, um so gleichmässiger und durchschnittlich besser wird auch das Produkt sein, während weiter auseinanderliegende Kohlungsgrade in einem Einsatz niemals durchaus vollkommene Produkte geben, besonders bezüglich der späteren Härtung und der gleichzeitig erforderlichen Zähigkeit.

Die besten Werkzeugstahlsorten aus gut sortirtem Cementstahl sind nur dann mit Puddel- und anderen Stahlsorten nachzuahmen, wenn die Einsätze möglichst gleichartig zusammengesetzt werden und nicht zu weit sich von der verlangten Durchschnittszusammensetzung des Produkts entfernen.

Der Ruf des besten deutschen und französischen Gussstahls gründet sich vorwiegend auf dieses eben charakterisirte Verfahren, wo der Tiegelprocess eben dem blossen Umschmelzen sich nähert und alle Reaktionen ungleichmässiger Bestandtheile thunlichst vermeidet.

§ 282. Es würde trotzdem Unrecht sein, wollte man den sonstigen in Tiegeln ausgeführten Schmelzungen aus mehr verschiedenartigen Materialien die Möglichkeit ganz absprechen, gute Waare zu fabriciren. Es gibt eine Menge von Verwendungen, welche erste, selbst zweite Qualität nicht beanspruchen, dafür aber der Masse nach bedeutsam auftreten und namentlich für die Kleinindustrie das Material zu liefern haben.

Diese Betriebe verwenden vorzugsweise Abfälle aller Art, welche aus sehr verschiedenen grösseren Eisen- und Stahlbetrieben stammen und ziemlich alle Arten von Stahl und Feinkorn umfassen. Sie werden nach äusseren Kennzeichen möglichst genau sortirt und befolgt man hierbei den auf Erfahrung beruhenden Grundsatz, ihre Härte zu der einer bestimmten härtesten Sorte ziffernmässig auszudrücken.

Bezeichnet man die überhaupt vorkommende Maximalhärte der Stahlmaterialien mit 1000, so wird die Härte der einzelnen Materialien gewissermaassen in Tausendtheilen des gekannten Maximums ausgedrückt. Ob dieses Maximum ein sehr harter Stahl oder das noch härtere Spiegeleisen, bezw. ein anderes weisses Roheisen ist, bleibt gleichgültig.

Sind alle Materialien nach dieser Skala geordnet, so ist es leicht, die Beschickung für einen bestimmten Härtegrad auszurechnen, je nach den vorhandenen Beständen. Ein Produkt z. B. von 580 Härte wird in 100 Theilen 58000 Einheiten haben; es ist dazu ein Abfallvorrath von 480 Härte hauptsächlich zu benutzen, welcher mit einem Material von 720 und einem von 1000 Härte zu verarbeiten sein soll.

Es muss $100 \times 580 = x \times 480 + y \times 720 + z \times 1000$ sein, und man sieht, dass ein gewisser Spielraum da ist, um die jeweiligen Vorräthe, ihre resp. Preise, die erfahrungsmässigen anderweitigen Einflüsse einzelner derselben genügend zu benutzen.

Man vermag z. B. einen billigeren und einen theuereren Stahl aus denselben Materialien herzustellen, je nachdem die Proportionen derselben genommen werden, und der erfahrene Schmelzmeister kann sich im Bereich obiger Rechnung noch sehr frei bewegen.

Dass hierbei nicht die gleiche Sicherheit erreicht wird wie bei der Zusammenschmelzung von gut sortirten Rohstahlsorten von nahezu gleicher Härte wie das darzustellende Produkt, ist einzusehen, und dass in demselben Darstellungskreis neben sehr guten Produkten plötzlich auch minder gute auftreten, darf nicht Wunder nehmen. Für den Erfolg verschlägt diese zufällige Ungleichheit nichts, wenn nur die untere Grenze der Brauchbarkeit noch hoch genug liegt, um den betreffenden Anforderungen zu genügen.

Für bessere Waare und für besondere Zwecke wird an erprobten Gemischen festgehalten und möglichst das gleiche Material verwendet. Dann tritt aber gewöhnlich auch der Cementstahl wieder in den Vordergrund, weil es leichter ist, ein weiches reines Puddel- oder Flusseisen dauernd zu erhalten und es dann dem eigenen Bedarf gemäss zu cementiren, als auf lange Zeit hinaus ganz gleichmässige Abfälle. Die zugesetzten Roheisensorten sind meist luckige und blumige weisse Marken von guter Herkunft; graphitisches Eisen ist zu vermeiden, da der Siliciumgehalt die Härtereihe stört. Spiegeleisen wird oft nur als manganhaltiges Material zugesetzt und ist mit Vorsicht zu verwenden, da es sich nicht so gut mischt und den Stahl leicht zu hart macht. Seine reducirende Wirkung ist eine nur minimale.

§ 283. Die Schmelzungen geschehen in Wind- und Gasöfen, oft unter Anwendung von Windzuführung und anderen Hülfsmitteln, welche gestatten, auf den Brennstoffverbrauch günstig einzuwirken.

Wie bei der Cementstahlverwendung kommt es auch bei den übrigen Tiegelstahlschmelzungen darauf an, rasch einzuschmelzen und dann in flüssigem Zustand die Einsätze zu überhitzen, bis sie ruhig fliessen. Besonders heiss muss der Stahl gemacht werden, wenn grössere Mengen des Tiegelproduktes zu einem Objekt vergossen werden sollten, und wenn in Folge dessen immer eine gewisse Zeit erforderlich ist, ehe alle Einsätze zusammen und in die Giessgefässe gelangen.

Bei Oefen mit mehreren Tiegeln macht diese Arbeit noch etwas mehr Umstände, weil die einzelnen Sätze nicht immer gleichzeitig fertig sind, sondern je nach der erreichten Temperatur herausgenommen werden, so dass die kühler gebliebenen Tiegel etliche Minuten länger stehen können. Die zulässige Gesammtdauer des Stahlansammelns darf indess in keiner Weise überschritten werden, und daher gestaltet sich die ganze Operation zu einer ausserordentlich schwierigen, welche die grösste Manneszucht und Unterordnung der betheiligten zahlreichen Arbeiter erfordert.

Wegen der grossen Schwierigkeiten dieser Methode hat man wohl das Tiegelgiessverfahren für grosse Stücke nach und nach auf die allerwerthvollsten Produkte eingeschränkt, z. B. Geschützrohre und Aehnliches, für alle Maschinentheile dagegen den Siemens-Martinofen herangezogen, der grössere Massen mit weniger Umständen liefert.

Die Behandlung der Formen und Flaschen, Eingüsse etc. ist dieselbe wie bei dem Tiegelgiessverfahren aus Cementstahl; das Gleiche gilt für die Wahl oder die Herstellung der Tiegel sowie deren weitere Behandlung und ist vielfach Gegenstand eines Nebenbetriebes, besonders wenn eine erhebliche Stückzahl von diesen Geräthen gebraucht wird*).

Anhang zum ersten Abschnitt.

§ 284. Es würde als eine Unterlassung, bewusste oder nichtbewusste, anzusehen sein, sollte hier nicht auch noch solcher Darstellungsarten des schmiedbaren Eisens Erwähnung geschehen, welche entweder ganz begrenzte Verbreitung haben, oder welche vorübergehende Wichtigkeit hatten, gewisser theoretischer Eigenthümlichkeiten halber aber in den Lehrbüchern erwähnt zu werden pflegen.

Dahin gehören z. B. der Glühstahlprocess und der Wootz- oder Damaststahlprocess. Ersterer, ein Temperprocess des weissen Roheisens in Luft, ist 1855 durch Tunner zu Donawetz bei Leoben fabrikmässig eingeführt worden und hat, wenn auch in geringer Ausdehnung, längere Zeit daselbst bestanden.

Die Ausführung geschah in der Art, dass das Roheisen in ähnlicher stabartiger Gestalt wie zu cementirendes Stabeisen angewendet und direkt am Hochofen in diese Gestalt gebracht wurde (Abstechen in eiserne Schalen). Dann wurden diese Stäbe in die aus gebranntem Thon hergestellte Kiste eines Cementirofens gebracht und mit grobem Sand lose umschüttet. In 15—35 Tagen wurden 5000 Kilo Roheisen in Stahl umgewandelt, wobei ein Abgang von $4/_{00}$ am Gewicht stattfand und $5—10/_{00}$ des Einsatzes an Braunkohlen consumirt wurden.

Das Produkt war natürlich nicht gleichmässig, sondern an Wänden, Boden und Deckel der Kiste stärker entkohlt als in der Mitte, so dass eine Ausgleichung durch Schweissung nicht absolut vollkommene Resultate gab, sondern erst durch Schmelzung ein wirklich gleichmässiges Produkt zu erzielen war.

Der andere Process, der Wootzstahlprocess, ist eine Art direktes Verfahren mit hinzutretender Kohlung und hat besonders die Theorie stark beschäftigt.

Das Material dieses auch Damaststahl genannten Produktes ist ein leicht reducirbares, reines Eisenerz, das in kleinen Schachtöfen zu Eisenschwamm reducirt wird. Der noch heisse Eisenschwamm gelangt, zerschlagen, mit Holzkohlen und grünen Blättern gemischt, in kleine Tiegel, deren eine grössere Anzahl in einem Gebläseofen erhitzt wird. Es bildet sich eine oberflächliche Kohlung aus und der entstandene Stahl beginnt zu fliessen, während die minder gekohlten inneren Theile nur in einen teigigen Zustand gerathen.

Das im Tiegel befindliche Metall wird im Tiegel selbst erkalten gelassen, zerschlagen und in weitere Bearbeitung genommen. Nach einmaligem Ausglühen an der Luft wird der Block nochmals warm gemacht und unter Hämmern ausgeschmiedet.

Dabei bilden die verschieden gekohlten Partien des Gemisches ein Gewebe von zum Theil parallelen Fasern oder Sehnen hervor, welche beim Aetzen polirter Oberflächen mit Säuren den Damast bildeten, den man indess auch in anderer Weise durch Zusammenschweissen verschiedener Eisen- und Stahlarten darzustellen gelernt hat, ohne ihm die sonstigen Eigenschaften des Wootzstahls und die mit grosser Zähigkeit verbundene Härte verleihen zu können. Als Grund der letzteren hat man lange Zeit einen durch Faraday 1819 ermittelten Aluminiumgehalt angesehen, der $0{,}65/_{00}$ betragen hat. Da gleichzeitig ein Siliciumgehalt von $1{,}3/_{00}$ beobachtet worden ist, entsteht die Vermuthung, dass man es hier mit eingemengter Schlacke zu thun gehabt hat.

Andere Stahlkohlungs- und Darstellungsprodukte, z. B. der Cupolofenstahl Parry's etc., haben keinerlei Bedeutung mehr und sind die bezüglichen Methoden zudem zur Genüge in den älteren metallurgischen Lehrbüchern abgehandelt. Technische Erfolge sind nicht zu verzeichnen gewesen.

*) Vergl. über den Tiegelstahlprocess noch die Untersuchungen Müller's in „Stahl und Eisen“, April 1885 und November 1886.

Zweiter Abschnitt.

Anlage und Betrieb der zur Ausführung des direkten Processes erforderlichen Einrichtungen.

§ 285. Wie aus den Ausführungen im vorigen Abschnitt S. 207—213 hervorgeht, haben die direkten Processe dauernde Erfolge bis jetzt nicht gehabt, sind aber, abgesehen von gelegentlichen Fehlconstruktionen, die Veranlassung geworden, eine Reihe zum Theil sinnreicher und auch für die Apparatenlehre dauernd interessanter Vorrichtungen zu erfinden und einige Zeit in Betrieb zu erhalten.

Die Grundsätze derselben verdienen immerhin eine kurze allgemeine Besprechung, ohne in das Detail überzugehen und ohne bildliche Darstellungen zu geben, die in einzelnen Werken der metallurgischen Literatur sowie in den technischen Zeitschriften der letzten Jahre bis zum Ueberfluss vorhanden und leicht zugänglich sind.

Es wird sich hier nur um die zur Ausführung des Processes selbst erforderlichen Haupt- und Nebenapparate handeln, welche gewissermaassen integrirende Theile der eigentlichen Darstellungsanlage bilden. Alle davon trennbaren und getrennten Dinge, die auch in anderen praktischen Fällen verwerthbar, also generelle Bedeutung haben, sind nur in ihren für das Verfahren wichtigsten Eigenheiten anzudeuten.

Man kann, um zu einer Theilung des Stoffes zu gelangen, die Apparate der ältesten und älteren Processe für sich und die der neueren und neuesten ebenso zusammengefasst betrachten und es ergeben sich hiernach:

1. Kapitel: Anlage und Betrieb der zur Ausführung der alten Rennfeuerprocesse erforderlichen Einrichtungen.

2. Kapitel: Anlage und Betrieb der zur Ausführung der neueren Rennarbeiten erforderlichen Einrichtungen.

Ueber den Betrieb wird hier wie auch in den nächsten beiden Abschnitten nur das mit der Anlage selbst Zusammenhängende mitzutheilen sein, da bereits in dem vorigen Abschnitt eine Menge von betrieblichen Notizen zur Aufklärung des Verlaufs und der Theorie der verschiedenen Darstellungsprocesse des schmiedbaren Eisens gegeben werden mussten. Dadurch werden hier mehr Details des Ofenwindes und Aehnliches gegeben werden als Details des Verfahrens selbst, worüber bereits Vieles mitgetheilt worden ist.

Die folgenden Beschreibungen weisen darauf hin und geben nur die Principien der einzelnen Constructionen an und ihre Folgerung aus dem Verlauf und aus der Theorie der einzelnen Processe.

1. Kapitel.

Anlage und Betrieb der zur Ausführung der alten Rennfeuerprocesse erforderlichen Einrichtungen.

§ 286. Von den zur Ausführung der vorstehend genannten Processe erforderlichen Einrichtungen sind genau gekannt und untersucht nur die catalonischen Feuer (cf. § 92). Sonst sind wohl Ueberlieferungen und Reste vorhanden, welche die Bauart und die Betriebsweise derartiger Einrichtungen erkennen lassen; genau und mit Sicherheit ist dies aber lediglich bei obiger Species der hierher gehörigen Apparate möglich.

Nachdem in §§ 92—94 (S. 208—209) das Wesen dieses genauer untersuchten älteren Rennfeuerprocesses charakterisirt worden ist als eine combinirte Reduktion und Schweissung ohne Kohlung, wurde in § 95 bereits ein Herd als der einzige Apparat bezeichnet, in welchem das Kunststück der genannten Reduktion und Schweissung ausführbar sei.

Die Herde sind ihrer ganzen Natur nach Oxydationsanlagen, da in denselben ein räumlich kleines Feuer von einem verhältnissmässig starken Windstrom gespeist wird. In geringer Entfernung vom Eintritt des Windes ist es möglich, eine hinlänglich hohe Temperatur zu erzielen, um Roheisen zu schmelzen und Schmiedeeisen in vollkommene Schweisshitze zu versetzen.

In solcher Weise funktioniren die im nächsten Abschnitt, 1. Kapitel, besprochenen Frischfeuer, welche lediglich oxydirende Wirkungen erkennen lassen. Nur wenn das Feuer hoch beschüttet ist, kann man eine hinlänglich kohlenoxydreiche Atmosphäre erzielen, um im Falle ausreichender Temperatur eine reducirende, bezw. kohlende Wirkung voraussetzen zu können (welche indessen niemals eintritt, da die Temperatur nicht hoch genug steigt).

Denkt man sich aber die Höhe eines solchen Herdes im Gegensatz zu dem Horizontalquerschnitt vergrössert, in der Art, dass jene doppelt so gross wird als der Durchmesser im unteren Theil, so bildet sich sofort ein kleiner Ofenschacht, der eine reducirende Wirkung ausüben muss, wenn in demselben Erze niedergehen. Im untersten Theil, wo der Wind in den Herd tritt, lässt sich in der nächsten Umgebung vollkommene Schweisshitze erzielen, ohne dass man oben die Schmelzung der zu reducirenden Erze zu befürchten hätte.

Construirt man den ganzen Herd kelchartig und von der Rückmauer an nach vorn geneigt, so dass an der Arbeitsseite eine gekrümmte Innenfläche entsteht, welche nach oben in die Horizontale des Feuerrandes übergeht, so hat man das in den meisten Lehrbüchern abgebildete Profil des catalonischen Feuers. Auf dieser gekrümmten Fläche gleitet die Erzsäule langsam in das Feuer, durchzogen von den reducirenden Gasen. Durch Abdecken der Erzschicht nach der Innenseite zu mit feuchtem Klein isolirt man das niedergehende Erz wie in einer besonderen Retorte und kann auch ganz leicht auf die Geschwindigkeit des Niederganges einwirken, im Fall dies das Verhalten des Erzes augenblicklich verlangen sollte.

Durch das starke Stechen der Düse wird das Stadium der Schweisshitze möglichst tief gelegt und gleichzeitig eine oxydirende Wirkung durch starke Schwalbildung hervorgerufen, welche zum Zweck hat, eine etwa eingetretene Kohlung des Eisenschwammes wieder aufzuheben und weichere Produkte hervorzurufen.

Wie bei allen Herden, war auch hier der Feuerbau eine Kunst, welche nur durch lange und vielseitige Erfahrung im Betrieb solcher Apparate erworben zu werden vermochte.

§ 287. Die bauliche Ausführung eines solchen Rennfeuers, wie es François und Richard beschrieben haben, zeigte nachstehende Besonderheiten.

Die Dimensionen variirten etwas, je nach der Reinheit der Erze, da bessere Rohmaterialien auch einen umfangreicheren Betrieb gestatteten als minder qualificirte.

Als Boden figurirte ein ungefähr in gleicher Höhe mit der Hüttensohle liegender Granitstein, welcher bei feuchtem Boden über eine geeignete Drainirung zu liegen kam, während man sich bei gewöhnlichen Verhältnissen damit begnügte, unter dem Stein eine Schlackenausfüllung anzubringen. Der Umriss des Bodensteins musste so gewählt werden, dass man ihn von oben in das Feuer einlegen konnte, ohne die Wände einzureissen. Die Räume zwischen dem immer etwas unregelmässigen Umriss der Bodenplatte und den Herdwänden wurden mit Thon ausgefüllt.

Die Rückwand, welche sich schwach aus dem Herde neigte, oft aber auch vertical aufgebaut war, bestand aus Mauerwerk, sehr häufig aber auch aus Granit, der mit Thon überzogen war. In solchem Fall wurden in die Winkel der Rückwand mit der Gichtwand geschmiedete Eisenstücke eingesetzt, wie denn überhaupt viel Eisenmaterial in diese catalonischen Feuer eingebaut sich fand.

So wurde auch die Formwand von übereinander liegenden, in die Formmauer eingesetzten geschmiedeten, balkenartigen Eisenstücken gebildet, die von dem Bodenstein bis zur Form selbst reichten.

Ganz besonders war die Gichtwand, auf welcher ja auch das Erz in den Herd hinunterglitt, und auf welcher viel und scharf gearbeitet werden musste, aus solchen schmiedeeisernen Stücken oder Balken construirt.

Die vordere oder Schlackenwand, welche der Hinterwand gegenüberstand, wurde wesentlich aus zwei lothrecht aufgestellten geschmiedeten, viereckigen Platten gebildet, die einen schmalen Zwischenraum ungefähr in der Mitte der Vorderseite frei liessen, der zur Anlage des Schlackenstiches nothwendig war.

Gehalten wurden diese beiden Platten durch ein darauf ruhendes Bruststück, das rechts und links in der Mauerung der Feueranlage festgelegt war und an welches sich weiter nach aussen noch Vorherdplatte, nach dem Herd etwas fallend, anschloss. Die Arbeitsgezähe, Brechstangen etc. benutzten das Bruststück als Unterlage, während die Vorherdplatte nur zum besseren Zusammenhalten des Brennmaterials im Feuer angeordnet war.

Die Formwand, die Schlackenwand, oft auch die Rückwand, auch der unterste Theil der Gichtwand standen lothrecht; die Gichtwand legte sich in der oberen grösseren Hälfte aus dem Feuer und gab dem Profil die schon erwähnte geneigte, kelchartige Gestalt.

Alle Zwischenräume werden, wie schon erwähnt, mit Thon ausgeschmiert, auch der schmale Zwischenraum der beiden Vorderplatten. Darin wurde in angemessener Höhe über dem Boden (4 Zoll) der Schlackenstich angeordnet (so dass immer eine Lage Schlacke im Herd zurückbleiben konnte), und darunter befand sich noch ein kleines eisernes Sohlstück, welches beim Ausbrechen der Luppe einer durch den Schlackenstich eingeführten Brechstange als Auflage diente.

Die ganze Herdanlage lehnte sich gewöhnlich an zwei im rechten Winkel aufgeführte Wände, in der Weise, dass die 2—3 m über den Herd emporgeführte Form- und Rückwand an jene sich anschlossen. Diese Wände führten bis zum Hüttendach, in welchem behufs Hinauslassen des Rauches etc. eine Oeffnung vorgesehen war; selten fand man eine essenartige Vorrichtung (Karsten's Eisenhüttenkunde, 3. Aufl., Bd. V, S. 273).

§ 288. Andere Rennfeuerconstruktionen als die eben geschilderten wurden benutzt sobald man sehr kleine Mengen Erz mit Holzkohlen gemischt verarbeitete, oder sobald man das ganze Verfahren in zwei Theile zerlegte, welche nacheinander in demselben Apparat zur Erscheinung kamen.

In beiden Fällen ist der Herd nicht so tief angelegt wie bei dem echten catalonischen oder navarreser Rennfeuer, sondern weit flacher.

Die Apparate der deutschen Luppenfrischarbeit können als Beispiele für die erste Art von Herden gelten, während die corsischen Rennherde den zweiten Fall darstellen.

Ueber die Bauart der deutschen Rennschmiede oder der deutschen Luppenfeuer geben sowohl ältere Literaturnachrichten als auch neuere Funde und Ermittelungen Nachricht.

Karsten sagt (a. a. O., S. 287) darüber Folgendes:

„Die deutsche Rennschmiede ist ebenfalls ein wirkliches Niederschmelzen des Eisenerzes zwischen „Kohlen und unterscheidet sich von der Stückofenschmelzerei (s. Band II, Fig. 1 a. b. c., S. 102, § 218) „nur dadurch, dass die Luppenfeuer keinen gemauerten Schacht über der Form haben. Der Herd oder „das Feuer selbst ist entweder aus eisernen Platten zusammengesetzt, oder es ist ein gemauerter Kessel „oder irgend ein metallenes oder thönernes Gefäss, welches mit Kohlen ausgeschlagen werden kann und „auf solche Art einen Kohlentiegel bildet, in welchem die Schmelzung vorgenommen wird.“

„Die Tiefe des Herdes, nämlich die Entfernung der Form vom Boden, ist sehr unbestimmt und „beträgt 12—20 Zoll. Auch der Durchmesser der kesselförmigen Schmelzgrube ist verschieden und „richtet sich theils nach der Beschaffenheit der Erze, theils nach dem Winde, theils nach den Kohlen. „Leichtflüssigere Erze, schwerer entzündbare Kohlen und stärkerer Wind verlangen weitere Feuer, „weil das Eisen sonst im Zustand des Roheisens niederschmelzen würde. Die Form liegt bei den „deutschen Luppenfeuern vollkommen horizontal. Beim Anlassen des Luppenfeuers wird der Schmelz„raum häufig mit Lehm bekleidet und dann mit Kohlenlösche ausgefüttert. Oft fällt aber auch die „Lehmauskleidung weg. Nachdem das Feuer sorgfältig abgewärmt ist, wird es mit neuen Kohlen „gefüllt und dann sucht man zuerst durch sehr leichtflüssiges (oder durch einen Kalksatz leichtflüssig „gemachtes) Erz, die Wände des eigentlichen Schmelzherdes aus verkalktem(?) verschlackten Erz zu „bilden, welches an den aus Lösche bestehenden Wänden des Herdraumes niederschmelzt. Man nennt „dies das Ausbrennen des Herdes, weil der Gestübbeherd gewissermaassen ausgebrannt und durch „einen aus reducirten Erztheilen bestehenden Ueberzug ersetzt wird.“

Diese Bauart und die Art der Inbetriebsetzung, welche übrigens nicht in allen Theilen Deutschlands in absolut gleicher Weise geschah, sondern nach Gewohnheit und Material variirte, zeigt genau den Unterschied von dem Bau und Betrieb der catalonischen Feuer. Im deutschen Feuer wird wohl vorwiegend mit festem Kohlenstoff, im catalonischen dagegen zu sehr grossem Theil mit Kohlenoxyd reducirt. Indess kamen auch gemischte Constructionen vor, da Karsten selbst deutsche Feuer mit sehr stechenden Formen anführt, bei denen also das niedergehende Erz in einem Gasstrom weitersinkt ehe es in die Schmelzzone gelangt.

§ 289. Die corsischen Rennherde, welche auch sonst noch in Italien angewendet wurden, lagen in ihrer Bauart zwischen den deutschen und catalonischen Feuern. Der Herd derselben bestand aus einer mit Gestübbe ausgeschlagenen und ganz flachen (höchstens 7 Zoll tiefen) gemauerten Grube. Der Grundriss ist halbkreisförmig und die Form bildete den Mittelpunkt dieses Halbkreises, dessen Halbmesser ca. 15 Zoll betrug.

Der darüber sich erhebende Reduktionsschacht wurde in ganz eigenthümlicher Weise für jede Arbeitszeit aufgebaut. Zunächst füllte man die Grube etliche Zoll hoch mit gewaschener reiner Kohlenlösche, dann legte man in einem geringen (5 Zoll) Abstand von der Form eine concentrische Schicht von gleich langen (4—5 Zoll) Holzkohlenstückchen, als von der Form ausgehende Strahlen, ringsherum. Dahinter befand sich eine mehrere Zoll breite Schicht von bereits geröstetem und gepochtem Erz, dann wieder Kohlenlösche und das Ganze wurde umgeben und gehalten von einem Wall oder einer Ringmauer aus mit Kohlenlösche verlegten rohen Erzstücken.

Nachdem diese verschiedenen concentrischen Mäntel in die Höhe geführt worden, sah das Ganze wie ein kleiner Ofen aus, der bis 3 Fuss hoch sich erhob. Die Form blieb frei und blies unmittelbar gegen die Querschnitte der Kohlen der inneren Wand, welche aus diesem Grunde aus möglichst schwerem, schon gebrauchten und durch Ablöschen schwer zerstörbarem Material aufgebaut wurde. Die Zwischenräume werden auch bei diesem Kohlenschacht möglichst mit Lösche angefüllt, um der Luft den unmittelbaren Durchgang zum Erz zu verwehren.

Der Betrieb erfolgte so, dass in dem engen und leeren Schacht, der durch die Innenfläche der Kohlenschicht und die Formwand gebildet war, glühende Kohlen auf den Boden geschüttet und dann der Raum mit Kohlen angefüllt, worauf das Gebläse angelassen wurde. Beim Niederbrennen wurde mit grosser Vorsicht verfahren und das Brennmaterial sorgfältig niedergestossen und durch frisches ersetzt, um den Kohlenschacht nicht zu verletzen, weil von dessen Erhaltung der gute Gang der Reduktionsarbeit abhängt.

Nach 3 bis 4 Stunden nahm man an, dass die ringförmig, ausserhalb der inneren Kohlenschicht aufgeschütteten und inzwischen zusammengesinterten Erze reducirt seien, riss die äussere Erzmauer, die durchgeröstet war, ab, um dieses Material zur nächsten Reduktionsarbeit zu pochen und vorzubereiten.

Dann entfernte man den Kohlenschacht, die Löschhüllen, löschte mit Wasser alles ab und breitete dann auch das aus Eisentheilchen und Schlacken bestehende Reduktionsprodukt auf der Hüttensohle aus, um es ebenfalls ablöschen zu können.

Das eigentliche Schmelzen desselben geschah in demselben Herd, nachdem er gereinigt, mit Lösche umschüttet und ca. 18 Zoll hoch mit frischen Kohlen angefüllt worden war. Auf diesen Kohlenhaufen liess man die Erzklumpen nach und nach der Form gegenüber niedergehen, bis etwa der vierte Theil der vorbereiteten Erzmasse verwendet war. Nur die Schlacke kam hierbei in Fluss und umgab das zu einem Frischstück angesetzte Eisen, so dass man sie zeitweilig abstechen musste. Nach 4 bis 5 Stunden war das erforderliche Eisengewicht beisammen, worauf man die Schlacken vollständig abliess und den Betrieb abbrach. Das Produkt war sehr gut, die Leistungsfähigkeit aber sehr gering und der des catalonischen Feuers weit nachstehend. (Karsten, a. a. O., S. 301.)

§ 290. Das primitivere deutsche Rennfeuer, wie es vorhin mit den eigenen Worten Karsten's beschrieben worden ist, ist auch in sehr früher Zeit nach Nord-Amerika gelangt und sowohl in den Staaten New York und New Jersey als auch in Canada betrieben worden. Es wird in holzreichen Gegenden noch heute betrieben und bietet, da seine Einrichtungen naturgemäss sehr vervollkommnet worden sind, einige interessante Details, wenn auch die Theorie des Processes in keiner Weise bereichert werden konnte.

Die erste Mittheilung findet man in dem Bericht der Canadischen geologischen Landesanstalt pro 1867/69, wo Sterry Hunt das Verfahren, soweit es auf die Erzsande und Stückerze des Landes angewendet wird, beschreibt und schon damals darauf hinweist, dass die Benennung „catalonisches Feuer“ auf die dortigen Verhältnisse nicht anwendbar ist, dass man es vielmehr mit einer etwas veränderten Form der alten deutschen Rennschmiede zu thun hat, wie dies auch verschiedene bis auf die Zeit der Einführung zurückgehende historische Documente darthun.

Eine ausführlichere und neuere Besprechung gab Egleston auf den Montreal meeting des Instituts der amerikanischen Bergingenieure, September 1879; sie findet sich an entsprechender Stelle der Verhandlungen des Vereins. In dieser Arbeit begründet der Verfasser die Berechtigung der von ihm gewählten Bezeichnung American Bloomary, im Gegensatz zu den sonst noch üblichen auf einzelne Gegenden und Bezirke sich beziehenden Benennungen, Jersey B., Champlain B. etc.

Die Erze, welche die amerikanischen Anlagen benutzen, sind vorwiegend reiche und reine Erze, besonders Magneteisensteine (s. Band I, S. 24) und werden vor der Verarbeitung oftmals einem Zerkleinerungs- und Aufbereitungsprocess unterworfen um möglichst alle die Reduktion störenden Beimischungen zu entfernen; aus dem gleichen Grunde röstet man das Erz auch und dann gewöhnlich vor dem Zerkleinern. Das Rösten wird in Stadeln (26 Fuss lang, 24 Fuss tief, 12 Fuss hinten, 5 Fuss vorn hoch) ausgeführt, die aus rohen Steinen aufgemauert sind und bis 300 Tonnen aufnehmen können. Bezüglich der Materialfrage ist noch das Faktum interessant, dass an solchen Stellen, wo grosse Erzmengen in Hochöfen verwendet werden, z. B. in Crown Point (New York), die ärmsten Erze, welche zum Hochofenbetrieb sich nicht mehr eignen, in den Rennfeuern verarbeitet werden können, da sie nichts kosten als Zerkleinerung und Aufbereitung. Zu Crown Point steigert man z. B. den Gehalt der Erze an Magneteisen von 40—92 $/_{00}$. Sehr schlecht bereiten sich die canadischen Eisensande auf, weil sie ausser verschiedenen Mineraltrümmern eine grössere Menge Menakanit oder Titaneisen enthalten, das sich sehr schwer scheiden lässt.

Egleston theilt zur Beleuchtung des Aufbereitungsverfahrens mehrere Erzanalysen mit, von denen nur die beiden folgenden hier wiedergegeben werden, da sie dasselbe Erz im rohen und im aufbereiteten Zustand betreffen.

Palmererz, roh	64,55 Fe_3O_4	30,98 SiO^2	0,14 Mn_2O_3	0,68 CaO	0,58 MgO	1,67 Al_2O_3	0,13 P_2O_5	Sp. S	0,57 H_2O
aufbereitet	92,09 „	5,95 „	0,12 „	0,70 „	0,36 „	0,26 „	0,16 „	Sp. „	0,21 „

Als Brennmaterial des Rennfeuers wird Ofenkohle der Meilerkohle vorgezogen, weil die letztere zu sehr mit Sand- und Erdtheilen verunreinigt ist. Unter den Kohlenholzarten zieht man wiederum die weichen Hölzer den harten vor, obwohl sie bezüglich des Verbrauchs ungünstigere Ziffern geben. Die reducirende Kraft ist bei der weichen Kohle geringer als bei der harten und involvirt nicht so leicht die Kohlung des metallischen Produkts. Die Kohle wird sorgfältig sortirt, um nicht zu viel kleine Stücke und Staub in das Feuer zu bekommen.

§ 291. Die Bauart des Feuers ist analog wie die eines Frischfeuers, nur tiefer. Es ist vollständig aus gusseisernen Platten gebildet, welche alle eine kleine Neigung aus dem Feuer heraus haben (1 auf 7), welche theilweise mit auswechselbaren Einsätzen, sogenannten „Ersatzstücken" versehen sind, oft auch Wasserkühlung haben, z. B. die Boden- und die Windplatte. Das Feuer ist nach vorn offen, wo es nur durch eine niedrige, mit zwei Schlackenlöchern ausgerüstete Brustplatte, auf die eine tischartige Vorplatte sich auflegt, begrenzt ist.

Die vier das Feuer bildenden Platten werden von gegossenen Winkelständern oder Säulen gehalten, welche auf eine Fundamentplatte zwischen Nuthen und Schwalbenschwänzen festgekeilt sind und welche oben durch die Unterplatte des Kaminmantels zusammengehalten werden.

In dem Kaminmantel befindet sich ein genau eingebauter Hosenrohrapparat zur Winderwärmung, dessen Fusskasten oder Fussrohre nach dem Feuer zu durch vorgestellte Schutzplatten bedeckt und dadurch vor der Wirkung der Stichflammen geschützt sind. Es gibt Feuer mit 3, 4 und 5 solchen Hosenrohren in dem betreffenden Apparate, welche allesammt in der Egleston'schen Arbeit genaue Darstellung gefunden haben. Bei den Apparaten mit 3 und 4 Heizröhren stehen letztere wesentlich vertical und parallel, während bei dem Apparat mit 5 Heizröhren dieselben sich gegeneinander neigen, so dass der Kaminmantel regelmässiger pyramidal, d. h. verjüngt erscheint als bei den Apparaten mit 3 und 4 Heizröhren. Die Fusskasten sind so gekammert, dass der kalte Wind durch den rechten Fusskasten zunächst nur in das eine Hosenrohr treten kann, dann im linken Fusskasten nach dem zweiten Rohr und zurück in den rechten Fusskasten geht, dann durch das dritte Rohr in den linken Kasten und durch das vierte Rohr in die letzte Kammer des rechten Fusskastens gelangt, von wo er nach der Düse strömt. Der rechte Fusskasten, der über der Düse liegt hat zwei Scheider und drei Kammern, wogegen der linke Fusskasten nur einen Scheider genau in der Mitte und in Folge dessen zwei Kammern hat.

Neben dem Feuer befindet sich an der Düsenseite der Trog für das Ablöschen der Werkzeuge und an derselben Seite ist auch der Windschieber angebracht, welcher indessen nur den Gesammtverbrauch regelt, nicht aber, wie bei den Frischfeuern, die beliebige Anwendung von kaltem, von warmem Wind oder von einem Gemenge beider ermöglicht.

Der Mantel ist mit Winkelstücken und Horizontalzugeisen zusammengehalten, schrägt sich über dem Winderhitzer ab und geht in einen prismatischen, engen Essenfortsatz über. Die drei- und fünfröhrigen Feuer sind analog gebaut, wenn auch mit kleinen Abweichungen. Die gesammten Gusswaaren, einschliesslich der Winderhitzer, stellen sich auf ca. 150 Centner.

Die Gebläse sind oft ziemlich primitiv, werden meist mit Wasserkraft betrieben und ist dadurch der Betrieb oft vom Wasservorrath abhängig. Der Winddruck ist $1\frac{1}{2}$ — $1\frac{3}{4}$ Pfund und die Windmenge beziffert sich pro Feuer auf ca. 43 Kubikfuss pro Minute.

Die Winderwärmung geht von 600 bis 800^{0} F. und es macht sich die höhere Temperatur sofort bemerklich durch einen Minderverbrauch an Kohlen und durch eine Zunahme der Unreinigkeiten in dem Produkt, dessen Menge ebenfalls mit der Temperatur des Windes etwas steigt.

Die Form ist von Schmiedeeisen sorgfältig zusammengeschweisst und hat die gewöhnliche, halbconische Gestalt, wie sie die Frischfeuer- und auch die alten Holzkohlen-Hochofenformen allgemein besassen. Die Windleitungsröhren sind ausserhalb des Bereichs hoher Temperaturen von dünnem Schwarzblech, während sie sonst aus Gusseisen bestehen.

§ 292. Ueber den Betrieb theilt Egleston noch Folgendes mit, unter genauester Abbildung aller Geräthe und Gezähe, die beim Betrieb vorkommen.

Der frisch zugestellte oder kalte Ofen wird zuerst mit einer Theilmenge Kohlenstaub vollgeschüttet, so dass der Boden hinlänglich geschützt ist; darauf füllt man ihn mit gröberer Holzkohle und zündet an, während man den Wind eröffnet und allmälig steigert. Man braucht mehrere Stunden, ehe das Feuer die erforderliche Hitze hat, während bei dem Schichtenwechsel des laufenden Betriebes der Wind sofort wieder angelassen wird, nachdem man alles anhängende Material in dem Herd aufgebrochen und zusammengebracht hat.

Die Hammerschlacke des vorhergehenden Deuls oder Stückes wird nunmehr aufgeschüttet, weitere Kohlen aufgegeben und aufgehäuft, worauf das Erz aufgesetzt werden kann. Dies geschieht theils schaufelweise in Mengen von ca. 35 Pfund, theils nur in halb so grossen Mengen, und es wird das Erz durch eine eigenthümliche Manipulation über das ganze Feuer gestreut.

Nach 10—15 Minuten beginnt das Stück sich zu bilden, dessen Grösse und Beschaffenheit wesentlich von der Temperatur des Processes abhängen, wie auch der Kohlenverbrauch selbst.

Man beurtheilt den Gang des Schmelzens nach der Flammenfärbung wie auch nach der Farbe und dem Flüssigkeitsgrad der Schlacke. Alle paar Minuten untersucht überdies der Arbeiter den Herd selbst mittelst einer Brechstange, um den Umriss und die Grösse des Eisenstückes, seine Lage im Herd beurtheilen zu können, wobei sich gleichzeitig die Qualität nach der Schlacke sowie nach dem an die Brechstangenspitze sich ansetzenden Anlauf erkennen lässt.

Zur guten Regulirung der Temperatur ist es nothwendig, die Kohlen vollkommen regelmässig aufzugeben, während zur vollständigsten und erfolgreichsten Reduktion das Erz nach Zeit und Menge unregelmässig geschüttet werden muss.

Egleston macht darauf aufmerksam, dass beim Aufgeben des Erzes zwei verschiedene Punkte zu beachten sind: 1. eine genügende Erzmenge zur richtigen Bildung des Stückes, 2. eine genügende Erzmenge zur Niederhaltung der Temperatur in der Höhe des Reduktionsmaximums.

Bei sehr starkem Steigen der Hitze hilft man sich auch noch durch Ablöschen mit Wasser, was zu einer gewissen Concentration der Hitze im Innern des Feuers und zu einem guten Flüssigkeitsgrad der Schlacke führt. Auch wird das Verstäuben des Erzes dadurch gehindert und der Verlust um so viel geringer.

In Bezug auf das Aufgeben unterscheiden sich die verschiedenen Werke auch noch dadurch, dass die einen oft und in kurzen Pausen kleine Mengen Erz in das Feuer bringen, während die anderen mit grösseren Erzmengen (bis drei Schaufeln) und längeren Pausen arbeiten.

Die Flamme muss immer die des Kohlenoxyds, bläulich und röthlich, sein, da das Eintreten weisser Färbungen mit gelben Flecken stets eine zu hohe Temperatur bedeutet. Man hilft sich dann durch gesteigerte Erzsätze oder durch Abräumen und Abblasen der Kohlen und durch Kaltblasen, welches Mittel nicht immer glückt.

§ 293. Die Behandlung der Schlacke muss stets so geführt werden, dass genug Schlacke da ist, um das Eisen weich zu erhalten, dass die Schlacke möglichst flüssig gehalten wird, und dass eine Spanprobe der Schlacke nach erfolgter Abkühlung dünn und blasig erscheint.

Steigt die Schlacke zu sehr, so hört man ein Flattern des Windes und muss abstechen. Dieses Flattern des Windes ist die Folge der interessanten Eigenthümlichkeit, dass die Oberfläche der Luppe vertieft und mit einem erhöhten Rand versehen sein muss, so dass die Schlacke diese schüsselförmige Vertiefung stets angefüllt erhält und das Eisen weich macht.

Man muss annehmen, dass das ganz und theilweise reducirte Erz in diesem Reservoir schmilzt, die Eisentheile zu Boden sinken und sich auf der Luppenfläche festsetzen, während die unreducirten Erztheile die Schlacke neubilden helfen.

Bricht man unvorsichtiger Weise den Rand der Mulde ab, welcher ohnehin nach und nach und zunächst an der Windseite eingeht, so läuft die Schlacke ab und das Eisen kommt in Gefahr, gekohlt oder oxydirt zu werden, je nach Umständen und dem Zeitpunkt, an welchem der Unfall eintritt.

Der Rand wird aber auch noch gefährdet dadurch, dass die Form schlecht liegt, dass man zu kalt angefangen hat, oder dass man die Schlacke im Feuer zu hoch hat steigen lassen.

Liegt die Form schlecht, so bläst sich leicht eine Rinne aus, durch welche die Schlackendecke abfliesst, und fängt man zu kalt an, so bildet sich auf der Mitte des Herdbodens eine verkrustete Erz- und Kohlenmasse, welche zu convexer Oberflächenbildung des Stückes führt und zu anderen Unregelmässigkeiten. Zu viel Schlacke wieder, gibt flache Luppen mit niedrigen Rändern, von denen die Schlacke leicht herunterfliesst.

Ist man ohne diese Fährlichkeiten bis ans Ende der Operation gelangt, wobei bis zuletzt Erzsätze gemacht werden, so gibt man nur noch kleine Brennstoffportionen auf, schafft alle Rückstände vor die Form und sucht sie auf der Luppe festzuschweissen.

Die letztere muss das ganze Feuer ausfüllen, wenn günstige ökonomische Verhältnisse sich ergeben sollen; hierzu gehören indessen immer sehr geschickte Arbeiter, die nicht immer zu haben sind. Das Gewicht schwankt von 300—400 Pfund.

Auch Egleston hebt den Einfluss der Persönlichkeit des Arbeiters auf den Erfolg der Operation noch ganz besonders hervor.

Nach dem Lüften und Herauswerfen der Luppen werden sie unter Wassergeschlägen, Aufwerf- und Stirnhämmern verschiedener Construktion abgezängt, wobei von Hand Einschnitte gemacht werden müssen, um überhaupt das Ganze mit der Luppenzange fassen zu können.

Sie wird zu einem viereckigen Kolben von 7—10 Zoll Quadrat ausgeschmiedet und scheint ziemlich locker und schwammig zu sein; auch muss die heraustretende Schlacke dünnflüssig sein, wenn das Eisen gut ausfallen soll. Diese Schlacke ist im Gegensatz zu den Frischschlacken ziemlich sauer, enthält dabei über $13/_{00}$ metallisches Eisen.

Die Leistungsfähigkeit der amerikanischen Rennfeuer wird allgemein auf 2600 Pfund Luppen oder ca. 1 Tonne ausgeschmiedeter Kolben pro 24 Stunden angegeben, also immer noch doppelt soviel, als ein deutsches Frischfeuer zu liefern vermag.

Man verbraucht 2 Tonnen 65/₀₀ haltiges Erz zu 1 Tonne Produkte, kann aber das Verhältniss auch auf 3 zu 2 bringen, wenn alle Umstände günstig sind.

Der Kohlenverbrauch beträgt bei gewöhnlichem Betrieb 300—350 bushels; wenn aber Alles gewogen wurde und der Stolz der Arbeiter rege geworden, so fiel der Verbrauch auf 240 bushels. Nimmt man als Mittel 300 bushels an, so ergibt dies, den bushel zu rund 36 Liter gerechnet, 10,8 cbm Kohlen. Da das Gewicht weicher Laubholzkohlen zwischen 140 und 200 Kilo pro Kubikmeter schwankt, so erhält man ein Verbrauchsgewicht von 1512—2160 Kilo, im gröbsten Mittel also von rund 1830 Kilo pro 1000 Kilo Produkte, welches nach Obigem unter möglichster Anspannung der Thätigkeit und Aufmerksamkeit der Arbeiter sich noch um 20/₀₀ ermässigen lässt.

Die Selbstkostenaufstellungen, welche Egleston für verschiedene Stadien des Produktes gibt, und welche 35,87—41,62 Doll. oder 143,48—166,48 Mark pro Tonne betragen, lassen erkennen, dass das Verfahren nur unter der Voraussetzung ausführbar ist, dass hochqualificirte Produkte entstehen, welche dem besten schwedischen Eisen gleich zu achten sein müssen.

2. Kapitel.

Anlage und Betrieb der zur Ausführung der neueren Rennarbeiten erforderlichen Einrichtungen.

§ 294. Die Seite 211—213 dem Princip oder der Theorie nach besprochenen neueren Rennarbeiten haben eine Menge von Apparaten hervorgebracht, deren Anlage und Betrieb interessante Momente bieten, obwohl es sich nicht verlohnt, deren Darlegung durch bildliche Wiedergabe der Einzelheiten hier zu unterstützen, da die Zeitschriften und Lehrbücher der letzten Jahrzehnte die Verbreitung der Kenntniss derselben hinlänglich bewirkt haben.

Die ersten Apparate, z. B. der 1852—57 an verschiedenen Orten erbaute Ofen von A. Chenot, waren Retorten mit äusserer Heizung, in welchen das in passende gleichmässige Grösse (ca. 30 cbm) gebrachte Erz mit einem gewissen Ueberschuss an Holzkohlen niederging, als Eisenschwamm unten anlangte und nach richtiger Abkühlung unter Luftabschluss entfernt und zu den Schmiede- und Walzhütten gebracht wurde.

Die Retorten hatten die Gestalt der Kammern der Appolt'schen Oefen (Band I, S. 248) und maassen im Horizontalquerschnitt 2,0 × 0,5 m bei 8,5 m Höhe. Sie standen nebeneinander in einem conischen Schacht von elliptischem Querschnitt und wurden von den Flammen mehrerer über den hochofenähnlichen Arbeitsgewölben des Fundamentsockels angebrachten Rostfeuerungen umspült.

Der ganze Ofen hatte 13 m Höhe über der Hüttensohle; sein Schacht ragte aber noch 1,20 m in den Boden hinein, um den Entleerungs- und Abkühlungsapparat bequemer aufnehmen zu können.

Der Abkühlungsapparat war wesentlich ein Blechkasten von 0,002 m Wandstärke und 4,50 m Länge, unter welchem ein zweiter Behälter aus Gusseisen angebracht war, durch dessen Wände man Roststäbe einstecken und zurückziehen konnte, um die Eisenschwämme nach Belieben aufhalten und entleeren zu können. Sobald dieselben lange genug in dem Blechkasten, der unter Umständen mit Wasser gekühlt werden konnte, verweilt hatten, wurde ein Wagen mit beweglichem Boden unter die Rostkasten geschoben, der Boden bis nahe an die Roste gehoben und die letzteren ausgezogen. Senkte man nunmehr den Wagenboden so erhielt man eine Ladung Schwämme, trieb dann die Roste wieder ein und fing die Säule aufs neue ab.

Trotzdem man sich sehr viel Mühe gab, Chenot's Methode zu erhalten (cf. Percy-Wedding, Band I, S. 582 u. ff.), so vermochte sie doch nicht mit dem theuersten Hochofenbetrieb zu concurriren, z. B. mit dem schwedischen, und gab nicht einmal mit den besten Qualitäten Erz, z. B. mit dem Erz von Bilbao, sichere Resultate.

In dem dortigen Bezirke sind noch später Versuche mit dem Eisenschwamm-Verfahren gemacht worden, da in Medaillonform gepresste Eisenschwämme sowie ein Ofenmodell 1878 in Paris ausgestellt waren.

Auch eine andere Modification des Verfahrens, bei welcher die Erhitzung der Retorte nicht von Aussen, sondern von Innen her, also durch Einleiten von Feuergasen geschah, hat zu einer thatsächlichen Betriebseinrichtung nicht geführt.

Die späteren Rennversuche, namentlich die Siemens'schen haben die ersten Arbeiten, darunter auch die Methoden von Clay, Yates u. A. fast vollständig in Vergessenheit gerathen lassen, obwohl neuere und neueste Methoden, z. B. Bull u. A. auf ähnliche Retortenconstruktionen zurückgegriffen haben, wie sie Chenot angewandt hatte.

§ 295. Weil die genannten relativ schwach geheizten Reduktionsretorten theils unreducirte Erze neben Eisenschwämmen lieferten, theils (sobald stärker gefeuert wurde) beginnende Sinterung zeigten, weil ferner der Eisenschwamm noch etwas Unfertiges war, suchte man an den Reduktionsapparat den zur weiteren Verarbeitung nothwendigen Ofen anzuschliessen und es entstanden zum Theil gleichzeitig mit den genannten Oefen, zum Theil später eine ganze Reihe von Construktionen, welche mehr oder minder gewagt erschienen, sich auch aus verschiedenen Gründen nicht bewährten.

So baute Renton in Amerika einen Ofen, welcher aus einer Combination eines Flammofens und eines Reduktionsschachtes bestand. Jener glich in der allgemeinen Gestaltung einem Puddelofen, an dessen Ende sich eine senkrecht aufgestellte Retorte von 1,8 m Breite, 0,17 m Tiefe und 3 m Höhe erhob, im Querschnitt mithin noch flachgedrückter als die Chenot'schen Retorten. Diese Retorte wurde vollständig von den aus dem Fuchs herumgeführten Feuerzügen des Flammofens geheizt und erhielt anscheinend auch im Innern einen Theil der Ofengase zugeführt, da das untere Ende offen war und mit dem Flammofeninnern in Verbindung stand. Man füllte sie mit einem sorgfältig hergestellten Gemisch von 20—25/$_{00}$ Erz, 75—80/$_{00}$ Kohle, beide in nicht zu grossen Stückchen, an und verarbeitete in dieser Weise etwa 600 Kilo der Mischung.

Sobald man die Reduktion für beendet ansehen konnte, zog man das Erz aus dem Boden der Kammer in den Flammofen und schweisste dort den Eisenschwamm zu verschiedenen Luppen zusammen. Dabei zeigte sich die Schwierigkeit, den Einschluss von unreducirtem Erz in den Luppen und eine längere und mühsame Arbeit unter dem Hammer zu vermeiden.

Von Interesse sind die von Paillette zu la Villette bei Paris angestellten Versuche mit dem Renton'schen Verfahren; man glaubte aus den Resultaten entnehmen zu können, dass sich die Renton'sche Retorte in jedem Puddelwerk ohne eingreifende Veränderungen in den Gewohnheiten der Werke würde einführen lassen. Man erkannte, dass bestimmte Abänderungen sowie die Anwendung bestimmter Erze die Speisung zweier Puddelöfen durch eine Retorte gestatte und nebenher noch die Dampferzeugung durch die abgehende Hitze.

Die Kammer war etwas pyramidal geformt und bestand aus zwei Stücken. Die Erze wurden in Theilmengen von 15—20 Kilo gemischt mit gestossener Holzkohle und Sägespänen aufgegeben und verweilten 4—5 Stunden in der Reduktionskammer. Die Beimengung der Brennstoffe sollte die Sinterung möglichst verhüten.

Im Puddelofen wurden nur 30—50/$_{00}$ des Eisengehalts ausgebracht, je nach der Geschicklichkeit der Arbeiter und nur dann, wenn man im Ofen eine gewisse Menge Roheisen puddelte und dann die Erze rechtzeitig hinabliess, gelang es, das Ausbringen günstiger zu gestalten.

Der Grund für das schlechte Resultat ist wohl hauptsächlich in dem ungleichen Niedergang der Materialien in einer so breitgedrückten Retorte zu suchen, abgesehen von dem Einfluss der trichterartigen Erweiterung nach unten hin, welche zur Vermeidung der Sinterung angeordnet wurde.

§ 296. Im Jahr 1857 veröffentlichte Gurlt eine Broschüre über die Roheisendarstellung mit Gas oder die Verhüttung der Eisenerze mit indirekter Benutzung des Brennmaterials, deren Gegenstand theilweise in das Kapitel der Rennfeuerprocesse gehört. Hierbei wurde zuerst ein Gasfeuerbetrieb auf die Reduktion der Eisenerze angewandt und auch die Schwammweiterverarbeitung mit Gasen betrieben.

Die Construktionen waren originell, aber zum Theil verfehlt, woher denn auch der gänzliche Misserfolg bei gewöhnlicheren Eisenerzen abzuleiten ist, während bei ausgezeichneten spanischen Erzen der Versuch gelang.

Der Reduktionsapparat und der Schmelz- bezw. Schweissapparat waren von Gurlt getrennt angelegt und betrieben worden, weil seiner ausdrücklichen Bemerkung nach

die Reduktion und Kohlung der Eisenerze einen reducirenden Gasstrom von geringerer Temperatur, die Weiterverwerthung der Eisenschwämme aber einen hohen Hitzegrad bei neutralem Gasstrom

verlangten.

Der Reduktionsofen bestand aus einem schief liegenden Schacht von elliptischem Querschnitt und gleicher Weite in allen Höhenlagen, welcher nach unten zu in ein senkrechtes Gestell von sich verjüngender pyramidaler Gestalt überging. Da, wo der elliptische Querschnitt in den viereckigen sich verwandelte, mündeten beiderseits die Füchse von Schachtgeneratoren von einer analogen Construktion ein, wie sie Taf. III dieses Bandes zeigt. Hinter den Füchsen befand sich noch eine reichliche Zuströmung für den Gebläsewind, um die Gase zum Brennen zu bringen.

Das Gestell hatte auf der Vorderseite eine Oeffnung zur Entfernung des reducirten Materials, welche Oeffnung mit einer in Angeln hängenden Thür verschlossen war. Dieser Ofen wurde mit Rotheisenstein und Kalk beschickt und in Betrieb gebracht, indem man mit Braunkohlengas arbeitete, zum Theil auch mit Holzgas.

Das Misslingen der Reduktion (cf. Perry Wedding I, S. 600 u. ff.) lag nicht so sehr an der geringen Reduktibilität der Erze als an der ungenügenden Gasqualität. Das Holz- bezw. Braunkohlen-

gas, in weiten Generatoren ohne andere Luftzuführung als die des Rostes, höchstens verstärkt durch die Leistung eines Körting'schen Bläsers, würde an sich schon ein des Wasserdampf- und Theergehaltes wegen zur Reduktionsarbeit weniger geeignetes Gas liefern, als man es von Holzkohlen oder Cokesgeneratoren erhält.

Weit unbrauchbarer musste aber das von Gurlt in seinen engen und kleinen Generatoren dargestellte Gas sich zeigen, da dieselben mit hochgepresster Luft aus einem Cylindergebläse versorgt und deren Gas ausserdem noch mit gleicher Luft gemischt in den Schachtuntertheil strömen und dort verbrennen sollte, so dass die in Berührung mit dem Erz tretenden Gase sicher nur eine sehr ungenügende Menge Kohlenoxyd enthielten und die Erze nicht im mindesten reducirten.

Das Schmelzen der angeblich reducirten Massen in den gleichfalls mit denselben Generatoren betriebenen Schmelzöfen ergab auch in der That nur geschmolzene Schlacken vom Ansehen der Frischschlacken, ohne ein metallisches Korn oder Blättchen.

§ 297. Weit fruchtbarer in seiner Anwendung war das zuerst wohl von Rogers (Scientific American 1862) versuchte Construktionsprincip, bestehend in der Verbindung einer liegenden weiten, cylindrischen Retorte mit einem darunter erbauten puddelofenartigen Flammofen.

Die in einem festen Gehäuse eingehängte und aussen von den Gasen des Flammofens umspülte Retorte drehte sich langsam um eine hohle Welle und hatte im Inneren schraubenartige Gänge wie die Waschtrommeln der Aufbereitungsanstalten, so dass das an einem Ende aufgegebene Erz am anderen Ende selbstthätig ausgetragen wurde.

Man gab Magneteisensteine von sehr reiner Beschaffenheit, gemischt mit 25/$_{00}$ Steinkohle, auf 200 Pfund in 8 Theilen während einer 22,5 Minuten dauernden Umdrehung der 6 Fuss weiten und 20 Fuss langen Retorte.

Jeder Austrag lieferte 110—130 Pfund Eisenschwämme, die in den Ofen fielen und zu einer Luppe vereint wurden, so dass pro Tag ca. 80 Centner producirt wurden. Weiteres ist nicht bekannt geworden; sicher aber sind bei diesem Retortenbetrieb ähnliche Schwierigkeiten aufgetreten, wie sie von W. Siemens bei einem Retortenofen gefunden worden sind, welcher construirt war, um beim Siemens-Martinofen Eisenschwämme anstatt der Schrotzusätze anwenden und eintränken zu können.

§ 298. Dieser Retortenofen von W. Siemens, der Vorläufer seines Rotators, hat eine sachgemässe Kritik von Gruner erfahren (Gruner, Examen du procédé Heaton, Paris 1869, p. 83—95, deutsch bearbeitet von Dürre, Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1869, S. 450), der Folgendes entnommen worden ist.

Die Einrichtung bestand wesentlich in einem äusserlich aus Gusseisen und Eisenblech erbauten, innen mit zwei concentrischen, enge Mantelräume zwischen sich lassenden Futtern aus den besten feuerfesten Steinen versehenen, horizontal auf Rollen gelagerten Cylinder, welcher von den Gasen des darunter befindlichen Martinschmelzofens geheizt wurde.

Die doppelten Mantelräume waren dadurch haltbar gemacht, dass sie aus Hohlsteinen gebildet wurden und eigentlich aus Längskanälen parallel der Axe des Cylinders bestanden.

Vorn mündete der Cylinder mittelst eines weit vorspringenden Kranzes von feuerfestem Material in eine feste, über dem Flammofengewölbe aufgehängte und mit demselben durch einen Feuerzug zusammenhängende Feuerkammer, so dass das aus der Retorte tretende reducirte Erz durch den senkrechten Feuerzug unmittelbar auf den Herd des Flammofens rieselte. Am hinteren Ende rotirte der Cylinder um einen festen, in denselben etwas hineinragenden Hals, der in Form eines Knierohres nach dem Boden eines Materialkastens führte, welcher ausserhalb der Feuerungsanlage angebracht war, und in dem sich das Erz nebst etwaigem Reduktionsmittel befand. Während der Cylinder in vorgedachter Weise den Aufgebehals umfasste, umfasste an demselben Ende des Cylinders ein Rauchkasten mit nach abwärts zum Essenkanal führendem Rohr das ganze Hinterende des Cylinders, da die Retorte ja auch von aussen geheizt werden sollte. Aus der Feuerkammer über dem Flammofen konnte brennendes Gas durch Oeffnungen ausserhalb des feuerfesten Anschlusskranzes in die innerste Zone der Längskanäle dringen und stiess gleich zu Anfang seines Weges auf erhitzte Luft, welche in der äusseren Zone der Längskanäle am Hinterende eingetreten und, der ganzen Länge des Cylinders folgend, bis nach vorn geströmt war, um nun durch zahlreiche Oeffnungen in der Zwischenwand nach der inneren Zone der Längskanäle zu gelangen und dort sich mit dem glühenden Gas zu dessen vollständiger Verbrennung zu vereinigen.

Dieser Ofen ist von Siemens wesentlich benutzt worden, um reducirtes Eisenerz bei einem Erzstahlprocess in einem Roheisenbad einzutränken, erwies sich aber als zu complicirt und reducirte sehr ungleich.

Ein anderer von Siemens vorher construirter Apparat hatte eine senkrecht in den Ofen hineinragende Retorte, deren oberer Theil aus Gusseisen war, während der untere aus feuerfester Masse bestand und bis nahe zur Herdfläche reichte. Auch hier sollte die Flamme in das Innere der Retorte

dringen, und zwar war unmittelbar vom Gasgenerator aus ein Zuleitungsrohr nach der Retorte geführt und ein Dampfstrahlrohr zur Gasverbrennung eingeschlossen worden.

In die Retorte wurde Erz auf einer Kohlenfüllung aufgegeben und der niedergehende Eisenschwamm gelangte wie bei dem vorher geschilderten Apparat in ein Roheisenbad hinein, das auf dem Herd des Flammofens stand. Dieses Verfahren ist nur kurze Zeit in Anwendung gewesen.

§ 299. Einen ähnlichen Apparat, nur mit einer grösseren Anzahl von Retorten, hatten sich Ponsard und Boyenval patentiren lassen, über dessen Anlage und Betrieb Gruner sich an der citirten Stelle folgendermaassen ausgesprochen hat.

Zu beiden Seiten eines Siemens-Martinofenherdes waren leicht der Mitte zugeneigte Ziegeldämme oder Feuerbrücken angeordnet, auf denen die zur Reduktion dienenden Gefässe mit ihrem Inhalt an Erz und Reduktionsmitteln standen. Diese Gefässe oder Cylinder ragten oben durch das Ofengewölbe und wurden von aussen geladen, wobei darauf gesehen wurde, dass sie stets voll blieben, während eine seitliche Ausflussöffnung am unteren Ende zur Entfernung der geschmolzenen Massen diente, die von da aus unmittelbar nach der Herdmitte des Ofens gebracht wurden. Der Herd war aus einem sehr fest eingeschlagenen Gemisch von $70/_{00}$ Graphit und $30/_{00}$ feuerfestem Thon bereitet, um der starken Verschlackung durch nochmalige Oxydation der Eisenschwämme entgegenzuarbeiten.

Beim praktischen Betrieb ergab sich die Unmöglichkeit, die Reduktion im oberen Theil der Cylinder vorzunehmen, wenn man bedacht sein wollte, die Schmelzung der Schwämme im unteren Theil des Cylinders zu bewirken. Die letztere erforderte eine so hohe Temperatur, dass die frisch aufgegebenen Erze gleich in Fluss geriethen, und dass die Reduktion dadurch ziemlich unvollständig blieb. Man war deshalb genöthigt, die Eisenschwämme in einem besonderen Ofen darzustellen und sie später, mit neuer Kohle gemischt, in die genannten Röhren oder Retorten zu bringen. Durch diesen zweiten Zusatz von Kohle sowie durch das Behandeln in den Röhren oder Retorten werden die Rückstände von Erzen noch reducirt und die nachmalige Rückoxydation wird entsprechend eingeschränkt.

Man erhält durch diese stärkeren Kohlenzusätze eine Art Roheisen, das aber sehr rein ist, sich ohne fremde Zusätze verpuddeln lässt und auch unmittelbar oder durch den Siemens-Martinprocess in Gussstahl oder Flusseisen verwandelt werden kann.

Es sind mittelst des beschriebenen Apparates aus reichen Elbaner und toscanischen Rotheisensteinen 2000 Kilo Roheisen pro 24 Stunden dargestellt und dabei 900—1000 Kilo pro 1000 Kilo Produkt verbraucht worden. Eine Muffel hielt 12 Tage und gab während dieser Zeit 1000 Kilo Roheisen, woraus sich die Zahl von 12 $\times$ 2 oder 24 Muffeln pro Ofen ergeben würde.

Die Reparaturen waren ziemlich erheblich, und besonders die Sohle schmolz trotz ihrer Zusammensetzung sehr rasch ab. Das Ponsard'sche Verfahren konnte deshalb von Gruner nur da empfohlen werden, wo Cokes und Steinkohlen mangeln, und wo die Erze reich, leicht schmelzbar und leicht reducirbar sind.

Heute wird man trotz dieser Empfehlung nicht daran denken können, eine so wenig leistungsfähige und so umständliche Construktion zu verwenden — und mit den Converterprodukten anderer Bezirke zu concurriren. (Bearbeitet von Dürre, Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1869, S. 451.)

§ 300. Einen erneuten Impuls gaben der Ausführung neuerer Rennarbeiten erst die Siemens'schen Versuche, auf flüssige, geschmolzene Erze durch Kohle einzuwirken.

Siemens hatte nach dem Misslingen seiner vorher geschilderten Versuche neue Anstrengungen gemacht, den Weg der direkten Schmiedeeisen- oder Stahlerzeugung aus Erzen zu beschreiten, und war dabei auf die folgenden interessanten Erfahrungen und Einrichtungen gekommen.

Nachdem ermittelt worden war, dass feste Kohle das metallische Eisen aus geschmolzenem Erz ausfällt, ein Vorgang, welcher früher schon mit der Reduktion mancher leichtflüssiger Erze, z. B. Eisenschlacken und Thoneisensteine, im Hochofen parallelisirt worden ist, ging man dazu über, entsprechend leistungsfähige Apparate zu construiren.

Siemens hatte 1873 in Wien die Modelle und Zeichnungen zweier verschiedener Oefen ausgestellt, in denen er den direkten Process zu betreiben gedachte und versuchsweise auch schon betrieben hatte (Dürre, Eisenhüttenwesen auf der Wiener Ausstellung, S. 185).

Der eine Ofen, der Cascadenofen, hatte einen durch Gasfeuer geheizten, aus zwei Abtheilungen bestehenden Herd. In der einen höher gelegenen Abtheilung wurde ein Bad von geschmolzenem Erz bereitet, welches man später nach dem tiefer gelegenen, durch eine Schwelle in zwei Sümpfe oder, wie der Erfinder sich ausdrückte, Nester getheilten Raum laufen liess.

Vor den Nestern befanden sich Arbeitsthüren, und es wurden beide Nester abwechselnd benutzt, indem man, während die Fällung und Ausscheidung des Eisens in der einen Abtheilung vor sich ging, die Reduktions- und Fällungskohle in der anderen Abtheilung pulverisirt eintrug und auf dem Herd ausbreitete. Zur Einleitung einer innigen Aktion mischte man unter die Kohle eine ungefähr gleiche Gewichtsmenge Erz und streute die Mischung auf den Boden des Herdes.

Nach dem Einlaufenlassen des geschmolzenen Erzes bildete sich sofort eine dicke, schäumende Masse, aus der sich in etwa 50—60 Minuten das metallische Eisen ausschied, sobald die Reaktion durch entsprechende geschickte Handarbeit (dem Luppenmachen ähnlich) unterstützt wurde.

Die so erhaltene Luppe sollte als Schmiedeeisen weiter verarbeitet oder an Stelle der Schmiedeeisen- und Stahlabfälle im Siemens-Martinofen benutzt werden können.

An ein Flüssigmachen des Reduktionsproduktes dachte man nicht, und es geht daraus hervor, dass die Heizung des Cascadenofens nicht die wünschenswerthe Temperatur hervorzubringen vermochte.

§ 301. Die Handarbeit scheint lästig gewesen zu sein, denn aus dem Bestreben, sie einzuschränken oder ganz zu vermeiden, ging gleichzeitig die Ausgestaltung des zweiten Ofens hervor, des Rotators, welcher nach dem Vorbild der Drehpuddelöfen das mechanische Zusammenballen des ausgeschiedenen Eisens bewirken sollte.

Von den gewöhnlichen Drehpuddelöfen unterschied sich der Rotator von Siemens dadurch, dass er nicht zwischen einer festen Wärmequelle und einem ebenso festen Abzug eingeschaltet war, sondern dass er einen Heizkörper mit hin- und hergehender Flamme bildete.

An dem einen Ende offen (sowohl zum Besetzen als zum Entleeren), konnte der Drehofen mit eben diesem Ende an einen festen Bau angeschlossen oder angeschoben werden, in welchem zwei Füchse sich neben- oder übereinander befanden, der eine für das eintretende Gasfeuer, der andere für den abziehenden Strom. Diese Füchse standen mit den Wärmespeichern (Regeneratoren) in Verbindung und tauschten bei jedem Wechsel der Ventile ihre Rollen gegenseitig aus (s. die Beschreibung der Siemens'schen Oefen in dem vierten Abschnitt). Bei hinlänglicher Weite und Geräumigkeit des Schmelzraumes erfüllte das Gasfeuer denselben vollständig, ohne etwa gleich von der Einströmung nach der Abführung überzutreten, was von verschiedenen Seiten befürchtet worden war.

Der Betrieb des Rotators, welcher mit Bauxit- oder Wocheinitsteinen gefüttert war, geschah in der Weise, dass man ihn zunächst mit zerkleinertem Eisenerz und den passend ausgewählten Flussmitteln beschickte, wobei in erster Linie basische Schlacken gebildet werden mussten.

Bevor der Satz unter Drehung des Ofens vollständig geschmolzen war, begann man mit dem Zusatz der Kohle und steigerte dann die Drehgeschwindigkeit bedeutend, um die gegenseitige Wirkung von Erz und Kohle auf ihren Höhepunkt zu bringen.

Man beobachtete auch in diesem Apparat eine heftige Reaktion bei der Bildung des metallischen Eisens und der Absonderung der Schlacke, welche Absonderung durch sehr hohe Temperatur des Ofens erleichtert und beschleunigt werden musste.

Nachdem Reduktion und Schlackenschmelzung beendet waren, stach man die Schlacke ab und ballte durch rasche Drehung des Rotators das metallische Eisen zusammen.

Eine solche Luppe lag in Wien 1873 unter dem Tisch, auf welchem die Ofenmodelle und Fabrikationsproben etc. ausgelegt waren.

§ 302. Die Resultate anlangend, so zeigen die von Siemens 1873 gemachten Mittheilungen ein sehr hohes Ausbringen, obwohl die einzelnen Chargen untereinander stark abweichen.

Von den Rohmaterialien ist leider nur das Moktaerz seiner Zusammensetzung nach genauer angegeben, wogegen die Hammerschlag- und Walzschlackenzusätze nicht näher charakterisirt sind.

Unter Ausschluss einer Charge, bei welcher mehr ausgebracht wurde als überhaupt Rohmaterial in den Apparat gebracht worden war, sind für die Versuche mit dem Rotator in den Landore Steel works folgende Ziffern bekannt geworden.

Aus 58 Centnern Moktaerz, das nach besonderen Angaben von Siemens $60/_{00}$ Eisen enthalten haben soll, und 46 Centnern Hammerschlag wurden 73,5 Centner Luppen ausgebracht. Da 58 Centner Moktaerz zu $60/_{00}$ nur 34,8 Centner Metall geben können, so müssen 73,5—34,8 = 38,7 Centner Metall aus dem Hammerschlag stammen, dessen Eisengehalt danach mindestens $\frac{38,3}{0,46} = 83/_{00}$ betragen musste.

Da auf Landore jedenfalls sehr reiche Schlacken aus den Stahlwärmöfen und von den Bearbeitungsstätten zur Verfügung waren, so kann man den herausgerechneten Metallgehalt wohl gelten lassen.

Noch reicher scheinen die eigentlichen Walzschlacken gewesen zu sein, denn die von Siemens ebenfalls 1873 mitgetheilten Resultate des Cascadenofens zu Landore ergaben die Verwendung von

102 Centner Moktaerz mit ca. $60/_{00}$ Eisen
88 Centner Walzschlacke (ohne Gehaltsangabe)

und die Produktion von 140 Centner Luppen.

Rechnet man den Eisengehalt des Moktaerzes als vollständig ausgebracht mit 0,6 × 102 oder 61,2 Centner, so bleiben 140 — 61,2 oder 79,8 Centner Eisenproduktion zurück, welche aus der Walzschlacke hervorgegangen sein müssten; es würde dieselbe hiernach $\frac{79,8}{0,88}$ oder $90,7/_{00}$ Eisen enthalten haben müssen, war also jedenfalls ausserordentlich reich an Oxydul sowie vermuthlich an eingeschlossenem

metallischen Eisen. Da von metallischen Zusätzen nirgends die Rede ist, so muss man annehmen, dass die Reduktion eine sehr vollständige war, und dass die damaligen, unter Siemens durchgeführten Versuche wohl als gelungen angesehen werden können.

Auch hinsichtlich des Kostenvergleichs mit dem Hochofenumweg ergaben sich nicht gerade ungünstige Zahlen, so dass, das regelmässige technische Gelingen vorausgesetzt, die neue Methode wohl als existenzberechtigt angesehen werden konnte.

Wenn trotzdem ein eigentlicher dauernder Erfolg nicht erzielt worden ist, so lag dies an verschiedenen Ursachen, welche zum kleinsten Theil technischer Natur waren und vorwiegend in das ökonomische Gebiet gehörten.

Der Rückgang der Conjunktur, die Höhe der in Hochofenanlagen und Puddel- wie Bessemerwerken angelegten Capitalien und die unsichere Aussicht des Gelingens, schreckten damals von weiterer Verbreitung ab, um so mehr als einzelne Versuche in Deutschland u. a. a. O. durchaus nicht die Resultate gaben, welche Siemens selbst erhalten und veröffentlicht hatte.

Dem Vernehmen nach geht man aber in der Gegenwart damit um, den direkten Process in grossem Maassstab in Gegenden zu versuchen, wo wohlfeile Erze neben geringwerthigen Brennstoffen vorkommen, so dass der andere Weg der Eisenfabrikation ausgeschlossen erscheint.

§ 303. Nach dem Scheitern der Versuche von Siemens, Versuche, die gewiss mit einer sehr grossen Ueberlegung und Planmässigkeit angestellt und durchgeführt worden waren, erwartete man nicht noch andere Vorschläge zur direkten Eisengewinnung zu vernehmen.

Dennoch tauchten verschiedene Construktionen und Betriebe auf, welche zum Theil die blosse Eisenschwammgewinnung, zum Theil die Gewinnung geschweisster und geschmiedeter Produkte verfolgten. Zur ersten Gattung gehörte der Blair'sche Eisenschwammprocess, welcher mit Hülfe von wohlfeilen Generatorgasen in sehr hohen Retorten ausgeführt werden sollte, welche nur innen, nicht aussen von Gasen bespült wurden, um die erforderliche Temperatur zu erhalten.

Diese Retorten in Gruppen zu zwei bis vier in einem eisernen Gerüst vereinigt, maassen 4,8 m Höhe bei 2 m Durchmesser, standen auf Säulen und endeten in mit Wasser umspülten Räumen, um den Eisenschwamm vollkommen abkühlen zu lassen. Die frischen Gase strömten unmittelbar über dem Anfang des Kühlraums in den Reduktionsraum und die entstandenen Gase wurden an der Gicht durch einen Exhaustor abgesaugt, um so den Durchzug aufrecht zu erhalten.

Der europäische Vertreter des Verfahrens, Ireland in Manchester, hat Versuche mit sehr vielen Erzsorten gemacht und nur von den kohlensäurehaltigen Erzen schlechte zerbröckelte Schwämme erhalten. Die Schwämme, in Tiegeln geschmolzen, gaben sehr guten Gussstahl. (Ireland, Journal of the Iron and Steel Institute, 1878, p. 47.)

Ein anderes 1878 aufgetretenes Verfahren ist das von Dupuy. Dasselbe besteht darin, Erz mit Kohle und Flussmitteln zu mischen, die Mischung in Blechkisten zu verpacken und diese in einem Gasofen oder sonst einem geeigneten Apparat eine gewisse Zeit, bis zu beginnender Weissgluth, zu erhitzen. Dadurch bildet sich ein Gemenge reducirten Eisens und flüssiger Schlacke, welches unmittelbar zum Dampfhammer und den Walzwerken geht, um verdichtet und in Rohschienen verwandelt zu werden.

Eine scharfe Trennung von Eisen und Schlacke ist hierbei kaum möglich, da beide zu innig miteinander gemischt sind. Ein Phosphorsäuregehalt der Rohmaterialien soll hierbei nicht zur Reduktion gelangen, sondern ganz von der Schlacke aufgenommen werden.

Nach allem Vorgetragenen erscheint, abgesehen von den Erwägungen bezüglich einer noch weiter gesteigerten Eisenproduktion des Inlandes, die Existenz billiger Eisenerze und leichter Brennstoffe bestimmend für die Einführung des direkten Processes.

Nothwendig ist aber, dass die Erfinder selbst sich unter die Eisenproducenten stellen und nicht nur als Civilingenieure zur Ausführung stehen. Wenn z. B. das Haus Siemens bezw. sein heutiger Chef in dem Feuer- und Ofenzweige, Friedrich Siemens, selbst die Darstellung von Erzluppen an geeigneter Stelle in die Hand nimmt, dürfte das Gelingen nicht ausbleiben.

Für die Kohlenbezirke wäre allerdings die Concurrenz aller möglichen, jetzt brach liegenden Erzbezirke äusserst bedenklich und man kann es kaum wünschen, dass die in den Grossindustriebezirken angelegten enormen Capitalien in ihrer Rentabilität noch weiter gefährdet würden, so interessant in technischer Beziehung die Lösung der Frage des neuen Rennens auch sein mag.

Dritter Abschnitt.

Anlage und Betrieb der zur Ausführung der sämmtlichen Frischprocesse erforderlichen Einrichtungen.

§ 304. Die zur Ausführung der Frischprocesse erforderlichen Anlagen und Einrichtungen lassen sich am besten in ähnlicher Weise sondern und eintheilen, wie dies im ersten Abschnitt hinsichtlich der Besprechung der Processe selbst geschehen ist.

Die Eintheilung derselben ist wesentlich mit durch die Eigenart der Apparate bedingt und es werden sich in Folge dessen die nachstehenden Kapitel ergeben.

1. Kapitel: Anlage und Betrieb der zur Ausführung der Herdfrischprocesse erforderlichen Einrichtungen.
2. Kapitel: Anlage und Betrieb der zur Ausführung der Flammofenfrischprocesse erforderlichen Einrichtungen.
3. Kapitel: Anlage und Betrieb der zur Ausführung der Converterprocesse erforderlichen Einrichtungen.

Es muss noch bemerkt werden, dass von den rein maschinellen Anlagen, welche thatsächlich zum Fabrikationsgebiet der Maschinenbauanstalten gehören, nur das Nothwendigste angeführt wird, während dagegen die Ofenbauten, d. h. die constructiven Träger der Processe, eine eingehende Behandlung erfahren müssen.

1. Kapitel.

Anlage und Betrieb der zur Ausführung der Herdfrischprocesse erforderlichen Einrichtungen.

§ 305. Die Herdfrischprocesse verlangen zu ihrer Durchführung verhältnissmässig einfache Mittel; auch sind im Allgemeinen kostspieligere Anlagen nicht angezeigt, weil die Selbstkosten der Fabrikation selbst hohe sind, theils des geringen Maassstabs der Produktion wegen, theils der ungünstigen Wärmeverwerthung halber.

Der Hauptapparat, das Feuer oder der Herd, gehört in dieselbe Gruppe von Apparaten wie die im vorigen Abschnitt beschriebenen Rennfeuer, der Bau ist aber flacher und die ganze Einrichtung dem entsprechend mehr in die Breite gezogen.

Die in Mauerwerk ursprünglich rechteckig hergestellte Feuergrube ist mit eisernen Platten von beträchtlicher Stärke ausgebaut, welcher Ausbau nach und nach verzehrt und häufig erneuert wird.

Die Arbeiter geben diesem inneren Ausbau, dem Feuerbau, verschiedene Gestalt und Abmessung, je nach dem verarbeiteten Material und dem herzustellenden Produkt. Eine tiefere Grube gibt Veranlassung zu Rohgang, eine flachere veranlasst stärkere Gaare, wie dies bereits im ersten Abschnitt, drittes Kapitel ausführlich besprochen worden ist.

Nach vorn zu wird das Feuer durch eine dauernde Construktion, die Schlackenwand oder Brust des Feuers, abgegrenzt, welche inwendig mit Kohlenlösche oder Gestübbe abgedämmt ist.

In Fig. 46 ist ein oberschlesisches Doppelfrischfeuer abgebildet, welches alle typischen Einrichtungen für die Dreimalschmelzerei enthält und Karsten's Eisenhüttenkunde, Atlas Taf. XLI, Fig. 1, 2, 3 entnommen ist.

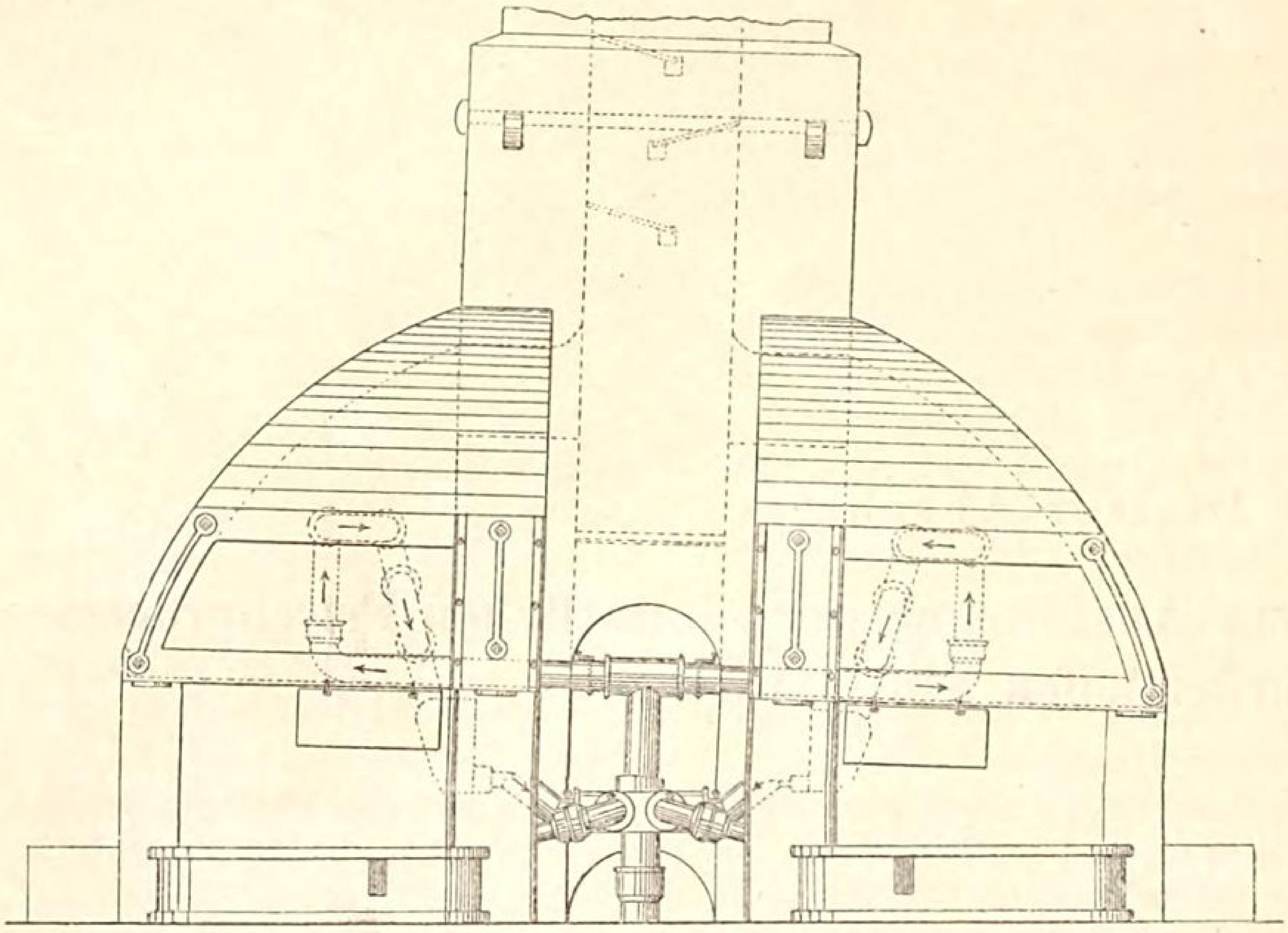
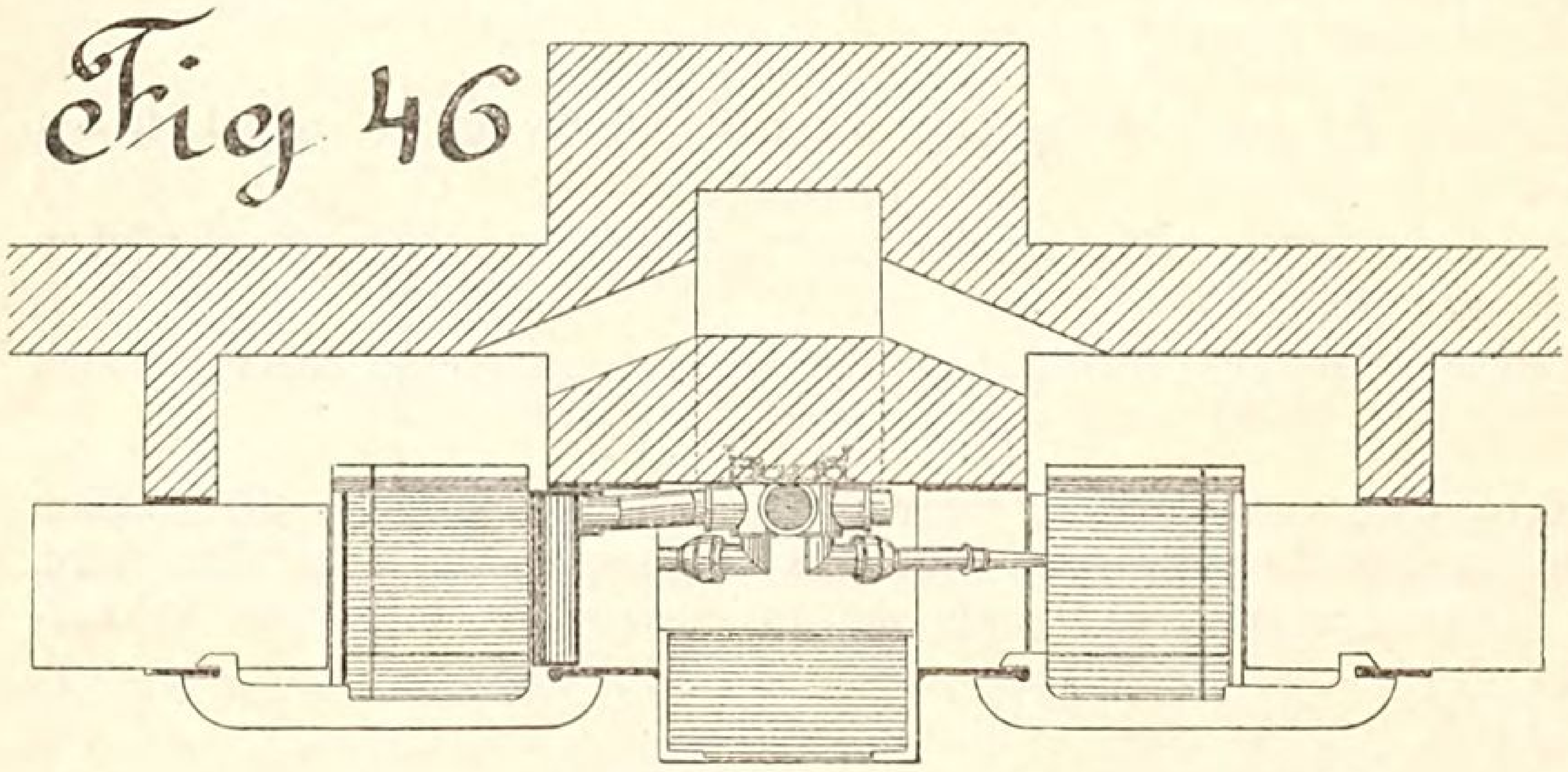


Fig 46



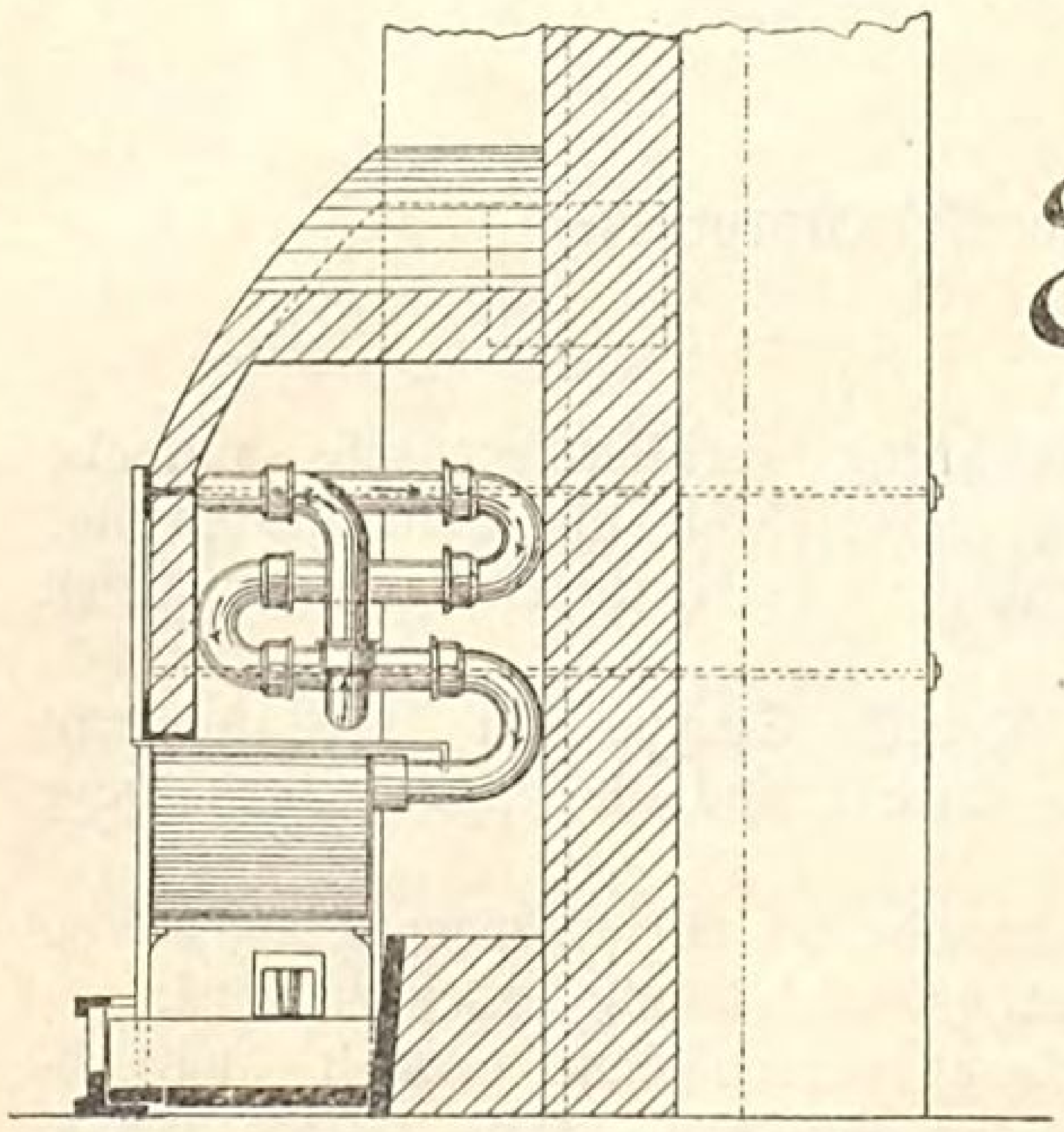


Fig 46 a

Die obere Figur zeigt in der Vorderansicht die beiden an einer gemeinschaftlichen Esse mit Essenschirmen angeschlossenen Feuer. Die Esse, welche nach unten durch eine punktirt angedeutete Platte abgeschlossen ist, hat in einiger Höhe über den Einmündungen der Essenschirme mehrere Flugstaub- oder Funkenfänger, um das Umherstieben der Funken in der Nachbarschaft thunlichst zu verhindern und der Feuersgefahr nach Kräften vorzubeugen. Die Esse ist aus demselben Grund über den First des eigenen Daches hinausgeführt; trotzdem bläst aber das Gebläse die Funken oftmals in ganzen Garben heraus und mahnt zur Vorsicht, da die Umgebungen der Frischhütten nicht immer zu den feuersichereren Anlagen gehören, sondern meist einen ländlichen Charakter haben dürften. Die gewölbten und mit Eisenrippen und -platten befestigten Kaminschirme bilden hohe Räume über dem Feuer und veranlassen schon durch ihre Bauart das Heruntergehen von völlig verbrannten Kohlenfunken, die sich hinter der Feuergrube zu dicken Haufen anlegen und vielfach beim Ausglühen der Schmiedeprodukte Dienste leisten. Unter den Schirmen liegt beiderseits der Esse das Herdmauerwerk in Form einer niedrigen, oben vollkommen ebenen Erhöhung, so dass der Boden des hineingebauten tiefsten Feuers immer noch über der Hüttensohle sich befindet. Tiefere Feuer würden daher eine höhere Aufmauerung des Herdes verlangen als flachere, und bei Herden mit wechselndem Betrieb wird man folgerichtig den tiefsten Feuerbau als Norm für die Herdhöhe nehmen müssen. Dieses Herdmauerwerk ist nach der Vorderseite durch eine Brustplatte mit abgerundeten Ecken geschützt und versteift, auf deren breitem Oberrand die schweren Brechstangen der Frischer hinlänglich sichere Auflage finden. In der Brustplatte ist ein Schlackenschlitz ausgespart, vor welchem eine in der Hüttensohle befindliche, mit Kohlenlösche angefüllte und möglichst trocken zu haltende kleine Grube angeordnet wird; dieselbe ist in den Zeichnungen nicht weiter angedeutet.

§ 306. Das Herdmauerwerk setzt sich, wie Ansicht und Grundriss zeigen, auf der dem Wind entgegengesetzten Seite als „Gicht“ fort, so genannt, weil von dieser Seite her die Aufgabe des Roheisens stattfindet.

In mehreren Lagen aufeinander gestapelt liegen die breitgegossenen Gänze dort auf und werden auf einer Rolle, gewöhnlich einem gusseisernen Rohrstück, über den Feuerrand weg auf das aufgeschüttete Feuer geschoben, bis sie fast an die Windseite anstossen. In dieser Lage muss aber immer das auf der Gicht ruhende Ende des Stapels soviel Uebergewicht besitzen, dass das abschmelzende andere Ende nicht in das Feuer einsinkt, weshalb die kurzgewordenen Stücke immer neue frische Gänze als Unterlage bekommen.

Die Windführung geschieht von der einen Seite her; die Form liegt etwas mehr nach hinten als die absolute Mitte des Feuers andeutet. Die Düse ist mit Kugelgelenk beweglich und man kann daher dem Windstrom jede beliebige Beschaffenheit geben. Die Richtung nach unten, d. h. das Stechen, wird allerdings durch die Lage der Form bedingt, welche bei jedem Feuerbau geändert werden kann; die Richtung in wagerechtem Sinn ist dagegen veränderlich, nach dem Spielraum der Düse in der Form.

Der Wind wird sowohl in kaltem, wie in erwärmtem Zustand verwendet; der Winderhitzer besteht zunächst aus einem im Innenraum des Kaminschirmes hin- und hergeführten, gusseisernen Rohr, welches in einen tornisterartigen Sammelkasten führt, von wo aus der erhitzte Wind später nach der Düse gelangt.

Um nach Willkür warmen und kalten Wind, oft auch ein Gemisch von beiden zu haben, ist für jeden der beiden Düsenapparate ein Vertheilungs-Stutzen, rechts und links vom Steigerohr der Windleitung, angeordnet, in welchem sich ein Hahn mit gekrümmtem Scheider befindet. Man kann mittelst geeigneter Drehung dieses Hahns (dessen Handgriff auf der Rückseite der Windleitung im Grundriss Fig. 46 leicht erkannt wird), das vom Gebläse herkommende, in der Axe des Kamins hinter dem Wassertrog aufsteigende Hauptwindrohr

entweder direkt mit der Düse
oder mit seiner Fortsetzung nach dem Winderhitzer hin

in Verbindung bringen.

Das eine Mal sperrt der schräg stehende Scheider das obere Steigerohr gegen das untere ganz ab, während im anderen Fall der Scheider ziemlich aufrecht stehend, den Düsenapparat gegen das Steigerohr abschliesst, so dass der Wind erst nach dem Passiren des Winderhitzers das Düsenrohr auf der anderen Seite des Scheiders erreichen kann. Jede mittlere Stellung des Hahns gibt theilweise erwärmten Wind, welcher beim Uebergehen von warm zu kalt oder umgekehrt, oft vortheilhaft anzuwenden ist.

Im Grundriss sind der grösseren Deutlichkeit wegen die Schraffuren der Windmauern fortgelassen; die Dicke dieser Windmauern wird angedeutet durch den in der Skizze des linken Feuers erkennbaren eisernen Stutzen des Tornisters, in welchen das Abzugsrohr eingesteckt ist.

Dieser Tornister dient, abgesehen von seiner Wirksamkeit der Winderhitzung, selber zum Ansammeln und Reguliren des Windes; durch seine Lage ist er allerdings dem Verbrennen stark ausgesetzt und muss von gutem Material angefertigt sein, wie im Allgemeinen alle derartigen Apparattheile. (Vergl. Band I, S. 332.)

§ 307. Ueber den Betrieb, d. h. den Verlauf der Chargen, wurde bereits im ersten Abschnitt das Erforderliche mitgetheilt. (Vergl. S. 217.)

Die Resultate sind nicht glänzend, hinsichtlich des Ausbringens sowohl als hinsichtlich des Materialverbrauchs. Die Höhe des letzteren wird hauptsächlich bedingt durch die lange Dauer des Verfahrens (die dreimalige Wiederholung des Schmelzens) sowie durch die in Bezug auf Wärmeproduktion äusserst unvortheilhafte Bau- und Betriebsart der angewandten Feuerungsanlage, in welcher die Verbrennung mit einem sehr niederen Effekt verläuft und aus welcher eine Menge brennbarer Gase entweichen, ohne anders als zum oberflächlichen Ausglühen der Produkte verwendet zu werden.

So erfordert der Betrieb des deutschen Frischfeuers (cf. S. 217, § 108), bei neunstündigem Betrieb, gegen 28 Kubikfuss Holzkohlen (Tunner, Frischherdprocess II, S. 201), also den Kubikfuss gleich 0,032 cbm gesetzt, 0,896 cbm Holzkohlen, deren Gewicht im Mittel auf 170 Kilo per Kubikmeter, also etwas über 152 Kilo sich berechnet. Diesem Aufwand stehen im Maximum ca. 200 Kilo Produkt gegenüber, so dass das Kilo Eisen 0,76 Kilo Holzkohlen verlangt.

Veranschlagt man den Wärmeaufwand, so hat man zunächst drei Schmelzungen mit mindestens 300 c in Anschlag zu bringen, dann das Ausschmieden der vorhergehenden Charge mit wenigstens $0{,}1138 \times 1600 = 179\ c$.

Es gibt das $200 \times 300 \times 3 = 180000\ c$ für die Schmelzungen
$200 \times 179 = 35800\ c$ für die Schmiedearbeiten

$215800\ c$ Verbrauch im Einsatz selbst,

wobei die im Process selbst sich entwickelnde Wärme unberücksichtigt gelassen ist, ebenso auch die mit dem Anlaufschmieden verbrauchte Wärme.

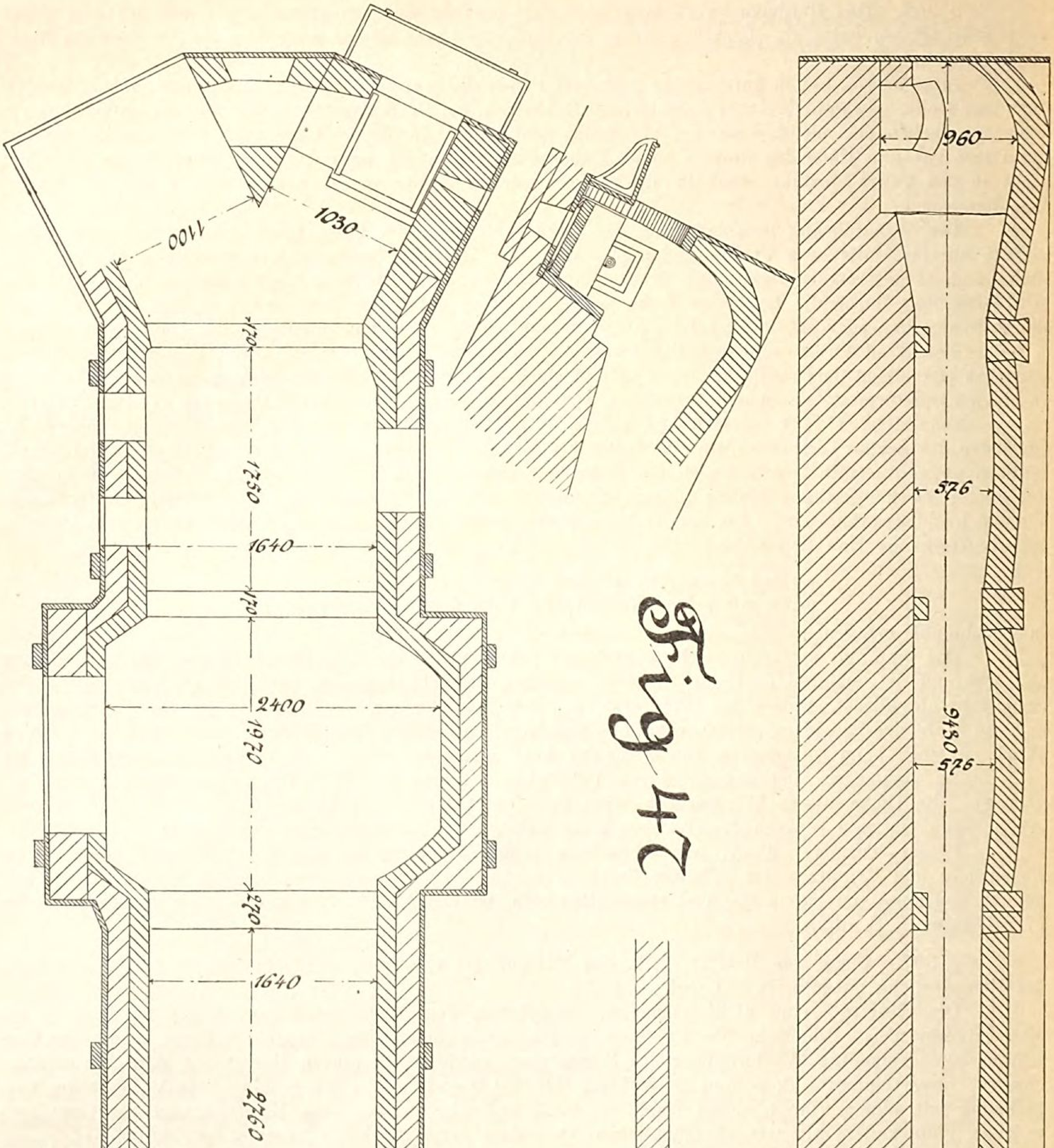

1100
1030
170
1750
1640
170
2400
1970
270
1640
2760
960
576
576
9430
480

Fig. 47

Dem Verbrauch von 215800 *c* stehen gegenüber 170 × 8080 = 1373600 *c*, von welchen allerdings ein erheblicher Theil erst durch Verbrennung des Kohlenoxyds zu Kohlensäure sich bildet.

Zu bemerken ist, dass die Schmelz- und Glühwärmen sehr hoch gegriffen und wahrscheinlich niedriger zu veranschlagen sind. Jedenfalls geht aus der Gegenüberstellung von

215800 *c* und
1373600 *c*

hervor, dass die Wärmeverbrauchsverhältnisse des Frischfeuers günstige nicht sind, und dass man wohl die Frage aufwerfen konnte, ob eine Benutzung der Ueberhitze nicht möglich sei.*)

§ 308. Von den deshalb vorgeschlagenen Combinationen ist immer diejenige am leichtesten ausführbar, welche demselben Process dient, sich also im Betrieb gut einfügen lässt und Nebenrücksichten nicht mit sich bringt. Eine der besten ist daher die Ausnutzung der Herdflamme zur Ausheizung der Frischereiprodukte behufs Weiterverarbeitung, d. h. der Anschluss eines Heizofens an den Frischherd.

Fig. 47 stellt Grundriss und Profil eines der in Steyermark u. a. a. O. üblichen Lancashire-feuers mit angeschlossenem Glühofen vor, welches den Jern Kontoret Annalers 1876 entnommen ist (Reisebericht von Fahlberg, S. 175).

Bei der Blechwalzerei zu Krieglach bedient man sich lediglich des Herdfrischeisens, welches in solchen Feuern hergestellt wird, deren Verbrennungsprodukte in einen hinter den Herden liegenden Ofen strömen, in dem die Blechplatten zum Walzen vorgeheizt werden.

Es sind zwei dergleichen Oefen vorhanden, von denen der eine mit zwei Feuern verbunden ist. Wie aus Fig. 47 hervorgeht, sind die beiden Feuer mit Gewölben abgedeckt, die heruntergezogen in die flachgespannten Gewölbelinien des Wärmeofens übergehen. An der Vorderseite bleibt nur eine zur Arbeit und zum Deulherausnehmen ausreichende Oeffnung mit vorgesetzter Auflageplatte, so dass man durch Beschütten die Oeffnung fast ganz verschliessen und den Lufteintritt möglichst abschneiden kann. Die beiden Feuer machen in ihren Axen einen spitzen Winkel miteinander, und der zwischen ihren Gichtseiten bleibende prismatische Mauerkörper ist fuchsartig durchbrochen und durch eine besondere Thüröffnung nach aussen zugänglich gemacht, um das einzuschmelzende Rohmaterial einbringen und vorwärts bewegen zu können. Die sonstige Einrichtung des Feuers ist die gewöhnliche, mit dicken Eisenplatten ausgesetzte.

Der Wärmofen zeigt drei Abtheilungen, von denen die beiden ersten zum ersten und zweiten Wärmen, die letzten zum Ausglühen bestimmt zu sein scheinen. Die erste hat einerseits zwei, anderseits eine Einsatzthür.

In der zweiten Abtheilung erweitert sich der Ofen zu grösserer Breite und hat einerseits eine Einsatzthür von über 1 m Breite; in diesem Raum, welcher sicherlich die höchste Temperatur der ganzen Anlage besitzt, werden die vorgewalzten Bleche nochmals eingesetzt und zur Fertigarbeit vorbereitet.

Der letzte Raum, in welchem der Ofen wieder zu seiner früheren Breite zusammenschrumpft, ist ca. 2,75 m lang und dient als Glühofen; das Feuer durchzieht ihn bis zur Thüröffnung, welche in dem Endstoss des Ofenmauerwerks angebracht ist und nahezu die ganze Breite des Innenraums bei nur geringer Höhe hat.

Eine Reihe von acht Feuerschlitzen, unmittelbar hinter der Thür, lässt das Feuer resp. die verbrannten Gase nach dem unter dem Ofen hinlaufenden, reichlich weiten Abzugscanal treten, welcher mit der Esse in Verbindung steht.

Ueber den Betrieb dieser Feuer mit angehängten Wärmeöfen macht der Berichterstatter Fahlberg die nachstehenden Angaben (a. a. O., S. 186). Die Ladung besteht aus 170 Pfund halbweissem Roheisen, 130 Pfund Schrot, 25 Pfund altem Gusseisen und 75 Pfund Blechabfall. Von dieser Mischung gebraucht man pro Centner 108 — 109 Pfund neben 7,5 Kubikfuss Holzkohle und es werden die Deulstücke unmittelbar abgezängt, ausgeschmiedet und verwalzt.

§ 309. Was die sonstigen Einrichtungen zur Ausführung der Herdfrischprocesse anlangt, so ist zunächst der Gebläse zu gedenken, mit denen die Herde betrieben werden. Sowohl die Menge, als auch die Pressung der Luft sind so unbedeutend, dass die einfachsten Vorrichtungen genügen, um dem vorgesetzten Zwecke zu entsprechen.

Wenn trotzdem bei vielen der Frischhütten, welche wohl sämmtlich aus früheren Zeiten stammen, Vorrichtungen in Betrieb waren und noch sind, welche in ihrer Leistung weit über das zu erreichende

*) Bei der Einführung des warmen Windes im Frischfeuerbetrieb hatte man grössere Vortheile hinsichtlich der Brennstoffersparniss gehofft, dieselben sind aber unerheblich gewesen wie aus einer Zusammenstellung von Wachler sich ergibt, welche Karsten (Eisenhüttenkunde 3. Auflage, IV, S. 115) mittheilt.

Danach erhielt man aus 100 Pfund Roheisen

bei kaltem	Wind	74,77	Pfund	Stabeisen
,, warmem	,,	78,14	,,	,,

und es erforderten 100 Pfund Stabeisen:

bei kaltem	Wind	17,8	Kubikfuss	Holzkohlen
,, heissem	,,	16,6	,,	,,

Ziel hinausgehen, so ist dies dem damaligen Stadium in der Entwickelung der Gebläsefrage hauptsächlich zuzuschreiben.

Man hatte in den Balgengebläsen die Lederbalgen durch Holzbalgen ersetzt, war dann zu den Kastengebläsen übergegangen, gelangte endlich zu hölzernen, später zu eisernen Cylindergebläsen. Dieselben wurden in sehr verschiedenen Dimensionen angewendet, deren Vergleich mit der Zahl der Feuer und der Produktion recht zeigt, wie wenig man sich über die Windmenge klar war. Auch waren diese Gebläse Einrichtungen, welche für constanten gleichmässigen Gang sich vorzugsweise eigneten, während der Frischfeuerbetrieb ausserordentlich wechselt und nicht allein die einzelnen Perioden des Processes verschiedene Verhältnisse der Luftzuführung bedingen, sondern auch die wechselnden Eisensorten ganz abweichende Windführung verlangen.

Karsten führt z. B. an, dass zum Einschmelzen

ein graues rohschmelzendes Eisen 140—150 Kubikfuss Luft von atmosphärischer Dichtigkeit
ein weisses gaarer gehendes „ 160—180 „

verlange (Eisenhüttenkunde 3. Auflage, IV, S. 54).

Später steigt die Strengflüssigkeit, und es muss auch die Windmenge wachsen, so dass beim Rohfrischen je nach Beschaffenheit des Aufgebrochenen

200—210 Kubikfuss, gegen Ende des Processes
240—250 „ während des Anlaufnehmens
sogar 400 „ pro Minute gebraucht werden (a. a. O., S. 54).

Vergleicht man mit diesen Zahlen die wirklichen Verhältnisse verschiedener zum Frischfeuerbetrieb erbauter und betriebener Cylindergebläse, so erhält man folgende Resultate.

Es wurden betrieben:

in Jedlice bei Malapane . .	4	Frischfeuer mit einem Doppelcylindergebläse von	3	Fuss Durchm.
„ Dembio „ „ . .	2	„ „ „ „ „	$2^1/_2$	„ „
„ Gottartowitz b. Rybnik	4	„ „ „ „ „	$3^1/_3$	„ „
„ Karstenhütte „ „	4	„ „ „ „ „	$3^1/_3$	„ „

Nimmt man den Kolbenlauf ebenso gross an wie den Durchmesser des Kolbens, so liefert jeder Wechsel der betreffenden Vorrichtungen nachstehende Windmengen:

Jedlice	42,6	Kubikfuss
Dembio	24,5	„
Gottartowitz	67,2	„
Karstenhütte	67,2	„

und die Zahl der Wechsel (Doppeltouren) pro Minute musste mithin schwanken zwischen:

$\frac{4 \times 200}{42,6}$ und $\frac{4 \times 400}{42,6}$ oder 18 und 36 bei dem Jedlicer Gebläse

$\frac{2 \times 200}{24,5}$ und $\frac{2 \times 400}{24,5}$ oder 16 und 32 bei dem Dembioer Gebläse

$\frac{2 \times 200}{67,2}$ und $\frac{2 \times 400}{67,2}$ oder 12 und 24 bei den beiden Rybniker Gebläsen.

§ 310. Unter der Annahme, dass ein mässig rascher Kolbenlauf für ein Gebläse immer vortheilhafter ist als ein übereilter, erscheinen die beiden erstgenannten Vorrichtungen etwas knapp bemessen; indessen kommt bei dem Jedlicer Gebläse immerhin nur ein Kolbenweg von

$2 \times 3 \times 36 = 216$ Fuss pro Minute oder 3,6 Fuss pro Secunde,

während das von Dembio einen Kolbenweg von

$2 \times 2^1/_2 \times 32 = 160$ Fuss pro Minute oder 2,66 Fuss pro Secunde aufweist.

Diese Grössen fallen alle noch weit unter die im Band I, S. 316 angeführten Maximalwerthe für die Kolbengeschwindigkeit. Tunner (a. a. O., Bd. I, S. 247) nimmt als Mittel für die Secundengeschwindigkeit 2 Fuss an, bemerkt aber, dass das doppelte Maass während einzelner Perioden nicht schade.

Die Gebläse der Frischhütten wurden und werden der Regel nach mit Wasserkraft betrieben und erfordern nach Angaben von Tunner bei 6 m Gefälle nahezu 3 Kubikfuss Wasser pro Secunde. Bei geringerem Gefälle wächst natürlich die Wassermenge entsprechend. Der Nutzeffekt ist namentlich bei mittel- und unterschlächtigen Rädern ein sehr geringer, kaum $20/_{00}$ erreichender, während oberschlächtige Räder und Wassertonnengebläse höhere Effekte geben.

Ueber den Einbau und die Disposition der Gebläse in die Frischhütten gibt die später mitzutheilende Vignette Fig. 48 Auskunft, auf deren Erläuterung verwiesen wird.

§ 311. Eine weitere Ausrüstung des Frischfeuerbetriebes ist das Hammerwerk oder das Geschläge. Diese Betriebsvorrichtung dient zur Bearbeitung der Frischereiprodukte vom Zängen an bis zum fertigen Ausschmieden, und es muss jedes Frischfeuer ein derartiges Geschläge zu seiner Verfügung haben, um nicht gestört zu werden. Nur bei der Kolbenfrischerei kann man an ein Geschläge zwei Feuer verweisen, weil die Fabrikation eine gleichmässigere und weniger schwankende ist; aber auch dann müssen beide Feuer so arbeiten, dass immer eins frischt, während das andere schmiedet, und umgekehrt. Eine solche gegenseitige Abhängigkeit im Betrieb lässt sich eben nur bei Feuern mit absolut gleichartigen Produkten durchführen. Sobald fertige Waaren, d. h. Stäbe zum Verkauf abgeschmiedet werden, ist gedachtes Verhältniss nicht denkbar, weil heute grobe, morgen feine Waare, dazwischen auch Modelleisen verlangt wird, und weil sich die Bestellungen in sehr ungleicher Weise zu folgen pflegen.

Die Geschläge sind auf den Frischhütten stets mit Wasser betriebene, ziemlich rohe Mechanismen von nicht sehr günstigen Effektverhältnissen, obwohl man auch jede andere Hammerconstruktion, welche kräftig genug ist, anwenden könnte. Man hat bekanntlich vielfach den Versuch gemacht, den Herdbetrieb und den Schweissofenbetrieb mit Steinkohlenfeuerung zu combiniren, um mit geringeren Selbstkosten doch ein ebenso gutes Holzkohlenstabeisen zu erzielen, als wenn man auch bei Holzkohlen ausgeschmiedet hätte.

Da man mit der Abhitze der Schweissöfen Dampf machen konnte, so benutzte man an Stelle der Wasserhämmer Dampfhämmer und vereinte die bis dahin getrennten Wasserkräfte zum Walzwerkbetrieb, durch den die weitere Verarbeitung des Eisens stattfand.

Derlei Combinationen älterer und neuerer Einrichtungen erhielten sich nie lange, weil sie doch nicht mit dem Steinkohlen- und später dem Converterbetrieb concurriren konnten, und daher war auch die Wahl einer modernen Hammerconstruktion zum Deulabzängen eine seltene und meist vorübergehende Erscheinung.

§ 312. Die Wassergeschläge der Frischfeuer gehörten stets zu den Stielhämmern und speciell zu den Aufwerfhämmern, also der Art, bei welcher die bewegende, d. h. den Hammer hebende Kraft zwischen Hammer und Drehpunkt, ziemlich nah am ersteren, auf den Stiel wirkt.

Die Stielhämmer ahmen die ganze Bauart der gewöhnlichen Handhämmer nach; der Stiel oder Helm des Hammers, in ruhendem Zustand wagerecht liegend, trägt an einer Seite den schweren Hammer, in geeigneter Weise befestigt oder mit dem Stiel verbunden, während er am anderen Ende mittelst Drehzapfen in einem Lagerpaare beweglich ruht.

Bei den Frischfeuergeschlägen ist der Helm aus Holz, der Hammerkopf und der die Zapfen tragende Ring aus geschmiedetem Eisen. Der Hammerkopf oder eigentliche Hammer hat eine schmale und lange Bahn, welche der Ambossbahn correspondirt, und über der sich die Hauptmasse des Hammerkopfes mit breiten Backen anschliesst und nach oben in den massiven Bügel übergeht, welcher das Helmende umschliesst und kantig gearbeitet ist. Der Aufriss in Fig. 48 lässt ungefähr die Gestalt des Hammerkopfes erkennen und macht es deutlich, dass der Schwerpunkt einer solchen Construktion ziemlich dicht über der Bahn liegen muss. Um beim Schmieden hinlänglich freien Raum zu haben, keilt man den Hammer schief auf, so dass die verlängerte Axe der Hammerbahn und die ebenfalls verlängerte Wellenaxe sich vor dem Amboss schneiden würden.

Die Bewegung des Hammers erfolgt durch einen Daumenkranz, welcher aus Gusseisen construirt, auf den Angriffflächen mit Holz armirt und auf der Welle des Wasserrades aufgezogen ist. Die Daumen, gewöhnlich fünf, bei kleineren Hämmern mehr, bei schwereren weniger an der Zahl, greifen mit ihrer holzbelegten Fläche den Helm ungefähr bei ein Drittel seiner Länge hinter dem Hammerkopf an und heben ihn so weit in die Höhe, als der Schnittpunkt des äusseren Daumenkreises und der dem Daumenrand zugewendeten unteren Helmkante über der im ruhenden Zustand befindlichen Helmkante liegt.

Der Hammer selbst wird natürlich etwas höher gehoben, und zu dieser ruhigen Hebung gesellt sich noch bei raschem Gang eine weitere, durch den heftigen Stoss veranlasste Hebung, wodurch der Hammer eine um so grössere Hebung erhält, als die Umdrehungsgeschwindigkeit der Welle wächst.

Um nun zu verhüten, dass der Hammerhelm vom nächsten Daumen erfasst wird, ehe er wieder bis auf den Amboss gefallen ist, baut man von jeher einen schräg gestellten, aus einem oder zwei elastischen Holzbalken construirten Prellbaum oder Raitel in die Hammeranlage ein. Bei raschem Gang schlägt der Hammerhelm und -kopf gegen die Unterfläche dieses Raitels, wird dadurch im Hub begrenzt und erhält noch einen Stoss, welcher die Beschleunigung des Falles hervorruft und den Schlag etwas verstärkt.

§ 313. So einfach eine solche Anlage ist, so grosse Schwierigkeiten machen von jeher ihre Fundamentirung und Befestigung. Sowohl die Büchsensäulen, zwischen denen der Helm sich dreht, als auch die beiden Raitelsäulen verlangen eine vollkommene Unverrückbarkeit und einen nachhaltigen Widerstand gegen die vielen Stösse des Apparates.

Alle Holzgerüste, auch die massivsten, bei denen oft ein riesenhafter Oberbalken die Säulenköpfe fasste, über Hammer und Amboss fortgeführt und theils in der Hüttenwand, theils dicht vor derselben fest verankert war, vermochten nur verhältnissmässig kurze Zeit Widerstand zu leisten und gewährten nur eine unvollkommene Sicherung des ruhigen Ganges.

Erst die auf den königlichen Malapaner Frischhütten in Oberschlesien 1828 construirten eisernen Fundamentirungsgerüste gaben bessere Resultate.

Die Skizzen Fig. 48 geben eine ungefähre Idee derselben; eine ausführliche Beschreibung von L. Wachler findet sich in Karsten's Archiv, Bd. V, S. 413, während sich in Karsten's Eisenhüttenkunde, 3. Aufl., Taf. XXX und XXXI, Bd. V, S. 163 Abbildung und Beschreibung solcher gusseiserner Hammergerüste finden. Das Wesentliche daran ist die Befestigung der sämmtlichen Gerüstsäulen auf und an einem aus gerippten und durchbrochenen Platten zusammengeschraubten kastenförmigen Gerüst, welches seinerseits passend auf ein eingerammtes Holzfundament gestellt und daran befestigt ist. Die beiden Raitelsäulen stehen auf einer ziemlich massiven, den Boden des Kastens bildenden Grundplatte in angegossenen Schuhen, in denen sie noch mit Holz verkeilt sind. Oben ragen sie durch offene Schuhe der Deckplatte des Kastens empor und sind hier ebenfalls verkeilt, wobei besonders zu beachten ist, dass der Hammerstoss danach strebt, die vordere Raitelsäule zu heben.

Die Büchsensäulen stehen in einem breiten Schuh der Deckplatte und können in demselben auseinander- und zusammengeschoben werden, um das Auswechseln des Hammers zu gestatten. Eine gegossene Kappe hält die oberen Enden der Säulen zusammen, während ihre Stellung in dem Schuh durch Holz- und Eisenkeile geregelt wird.

Das ganze Kastengerüste wird gewöhnlich ganz eingeschüttet; Versuche haben aber ergeben, dass es auch ohne solche Einschüttung stabil genug ist.

Andere Constructionen von Geschlägen, z. B. Stirn- und Schwanzhämmer, sind beim Frischfeuerbetrieb im Ganzen selten und kommen mehr zur Anwendung, wenn sich an die Stabeisendarstellung eine längere, weitere Bearbeitung anschliesst, unter Benutzung besonderer Wärm- und Schweissöfen oder Feuer (s. zweite Abtheilung).

§ 314. Als Beispiel für die bauliche Anlage einer Frischhütte dient die in Fig. 48 nach Grund- und Aufriss dargestellte Anordnung, welche sich auf eine der mustergültigen Frischhütten der königlichen Kreutzburgerhütte bezieht und den abgeschlossenen Betrieb zweier Feuer mit Geschlägen, Gebläse etc. umfasst.

Die Anlage besteht wesentlich aus drei unter einem Dach befindlichen Theilen, den beiden rechts und links vom Wasserlauf liegenden Frischhütten und dem über den unteren Wasserlauf mit drei Gewölben sich spannenden Mitteltheil, der die drei Wasserräder sowie das Gebläse umschliesst.

Das Stauwasser des Teiches tritt durch ein breites Gefluder vor die drei Schützen, welche den Zugang zu den Wasserrädern absperren. In der Mitte liegt das grössere, aber schmälere Gebläserad, für langsameren Gang eingerichtet, im Maximum 36 Touren machend (vgl. § 309), während rechts und links hart an der Wand der Frischerräume die Hammerräder liegen, welche höchstens 4 m Durchmesser haben, aber beim Zängen bis 70 Touren machen müssen.

Die Wellen derselben gehen durch Oeffnungen in der Mauer nach den Hammerräumen hinein und sind einerseits auf den entsprechend starken Trennungsmauern der drei Unterwassergerinne, andererseits in den Frischhütten gelagert.

Das eiserne Gebläserad trägt beiderseits Krummzapfen, welche mittelst Treibstangen einen (in den Skizzen nicht sichtbaren) Balancier bewegen, dessen Lager auf (im Grundriss angedeuteten) Säulen ruht, und dessen anderes Ende mit den Kolbenstangen der beiden Gebläsecylinder durch Watt'sche Parallelogramme verbunden sind. Beide Cylinder geben den Wind in einen gemeinschaftlichen kastenartigen Regulator, aus dem das sich gabelnde Vertheilungsrohr nach den Düsenstöcken der beiden Feuer führt.

Die Feuer erscheinen etwas eng und nicht so offen gebaut, wie die in Fig. 46 dargestellte Anordnung es angibt.

Hinter den Feuern befinden sich noch jederseits zwei besondere, mit Fenstern versehene Räume, welche zu verschiedenen Zwecken, als Vorrathsräume, Schlafkammern etc., benutzt werden können.

Ausser der hier dargestellten Anordnung sind natürlich auch andere möglich und thatsächlich zur Ausführung gebracht worden, bei denen aber eine ungefähre Angabe der Hauptzüge vollkommen genügt.

Bei zwei und mehr Frischfeuern in einem Raum liegen die Geschläge hintereinander an derselben Seite des Wasserlaufs und die Wasserarche, das Gefluder des Stauwassers zweigt sich nach jeder Schütze hin ab. In dieser Weise sind oft acht Feuer und acht Geschläge in einer längs des Wasserlaufs hingebauten Hütte betrieben worden.

Bei der Besprechung der Geschläge ist schon angegeben worden, dass man an ein Geschläge zwei Kolbenfeuer legen kann, und die Frischhütten der ehemals königlichen Rybniker Werke hatten

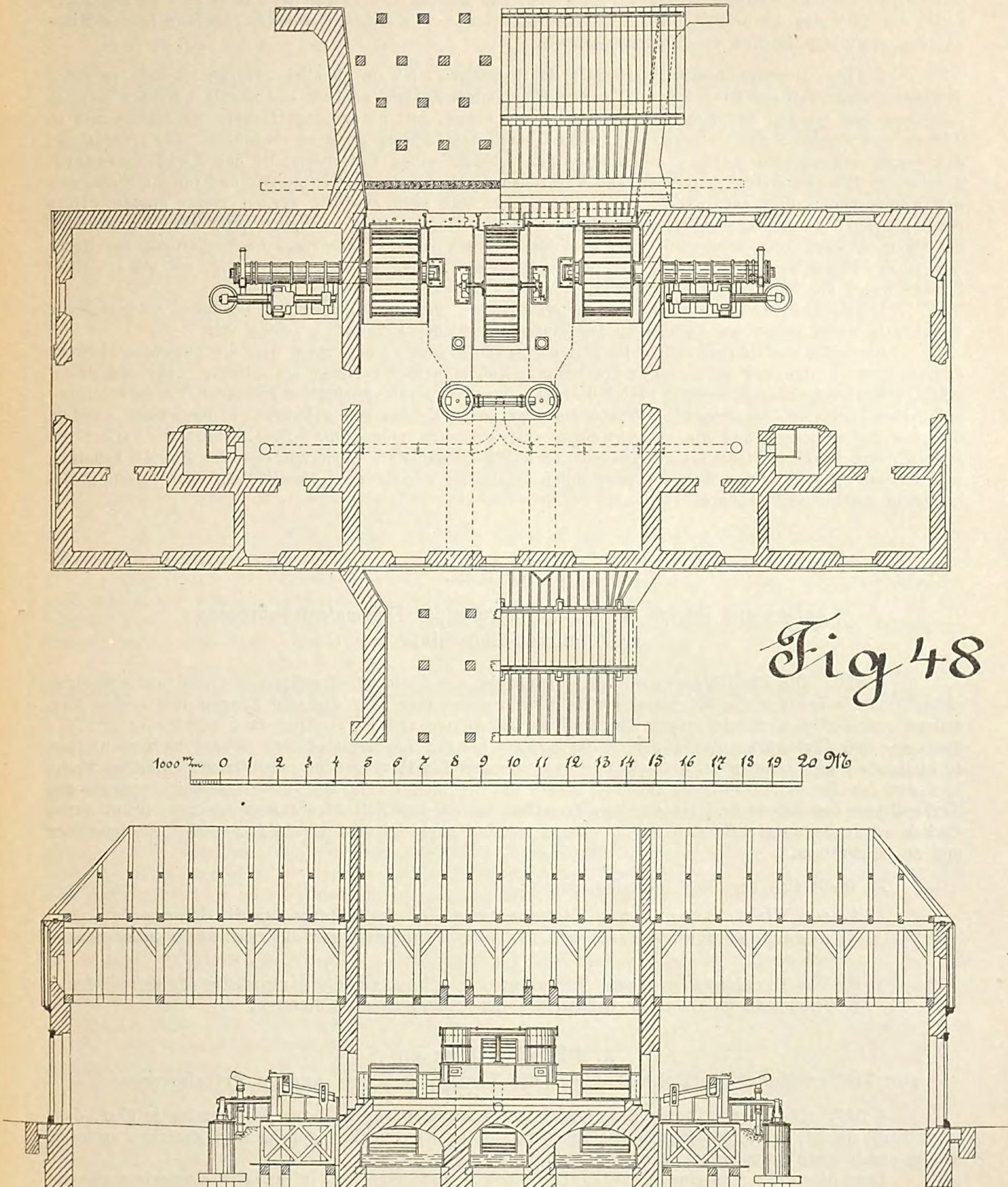


Fig 48

eine ähnliche Disposition wie Fig. 48 mit dem einzigen Unterschied eben, dass jederseits des Unterwasserlaufs zwei Kolbenfeuer untergebracht waren, das eine an der Langseite, das andere an der Querseite, ungefähr da, wo in Fig. 48 die Thüröffnung steht. Die Gebläse standen ebenfalls in der Mitte auf den gewölbten Decken der Unterwasserläufe.

§ 315. Der Brennmaterialverbrauch der Frischfeuer ist ein ziemlich grosser, weshalb zu jeder Frischereianlage von mehreren Feuern grössere Holzkohlenmagazine gehören und angelegt werden müssen. Dieselben sind trocken und möglichst feuersicher zu bauen, mit guten Ziegeldächern zu decken und in Thüren und Fenstern gut zu verwahren, ohne deshalb der Lüftung ganz zu entbehren. Sie standen bei den besser organisirten Anlagen stets unter der Aufsicht eines Unterbeamten, des Kohlenmessers, welcher, in Eid und Pflicht genommen, den Verbrauch der Feuer controliren musste und für die Sicherheit der Kohlenschuppen verantwortlich war. Man legte, was noch erwähnt werden muss, anstatt eines grossen Schuppens mehrere kleine an, wodurch zwar die Gefahr nicht veringert, wohl aber der Schaden bei einem wirklich ausgebrochenen Feuer gemindert werden musste. Die Lage im Verhältniss zur Hütte war in der Regel so gewählt, dass die gegenseitige Entfernung gross genug wurde, um ein etwaiges Zünden durch die Funken der Frischessen ganz auszuschliessen.

Baum- und Gebüschbestände wurden oft benutzt, um die Isolirung der Schuppen noch sicherer zu machen, wobei indess auf die Gefahr des Einschlagens auch gehörig zu achten war.

Bezüglich der Kohlenqualität ist hier nachträglich noch zu bemerken, dass der Frischfeuerbetrieb leichte, kleinstückige und selbst etwas überbrannte Kohlen besser verträgt als schwere, rohe und grossstückige Köhlereiprodukte, weshalb auch bei der Theilung der Kohlenproduktion grösserer, Erzverarbeitung und Frischereibetrieb vereinigender Werke die übergaaren Kohlen den Frischfeuern überwiesen wurden, während die schweren und die rohen Kohlen zum Hochofen gelangten. Deshalb haben Werke, die lediglich Frischerei betrieben, sich vielfach nur mit Kohlenankauf, nicht mit eigenem Betrieb beholfen, weil die auf dem Weg des Ankaufs gewöhnlich erfolgende minder gute Qualität für den Frischprocess immerhin vollkommen genügte.

2. Kapitel.

Anlage und Betrieb der zur Ausführung der Flammofenfrischprocesse erforderlichen Einrichtungen.

§ 316. Die Einrichtungen für die Ausführung der Flammofenfrischprocesse sind zwar weniger einfach als die bei der Herdfrischerei benöthigten; rechnet man aber die zum Zängen und ersten Verwalzen erforderlichen Einrichtungen ab, weil sie in Anlage und Herstellung fast vollständig mit den Hammer- und Walzwerksanlagen der weiteren Verarbeitung des schmiedbaren Eisens zusammenfallen, so bleiben als hier genauer zu betrachtende Apparate und Einrichtungen nur die Flammöfen selbst übrig, in denen der Herstellungsprocess verläuft, sowie die wenigen bereits wieder verlassenen Apparate zur Vorbereitung des Roheisens. Da einzelne derselben in neuester Zeit wieder hervorgesucht bezw. durch ähnlich wirkende andere Construktionen ersetzt worden sind, so sind sie hier zunächst zu erwähnen und zu beschreiben.

Es theilt sich der Stoff folgendermaassen:

A. Die Einrichtungen zur Vorbereitung des Roheisens für die Flammofen- und andere Frischprocesse, von den älteren Anlagen nur die construktiv interessanten bringend.

B. Die Einrichtungen zum Flammofenfrischen, nur die gegenwärtig für verschiedenen Brennstoff im Gebrauch befindlichen Constructionen einschliessend.

A. Die Einrichtungen zur Vorbereitung des Roheisens für die Flammofen- und andere Frischprocesse.

§ 317. Die älteste Praxis des Puddelprocesses hatte sehr bald zur Erkenntniss geführt, dass es vortheilhaft sei, das graue feinkörnige Roheisen, welches dazumal in den meisten Bezirken erblasen wurde, durch einen besonderen Feinprocess vorzubereiten.

Dass dieser Process eine Entkieselung war, wusste man noch nicht, und constatirte nur die grössere Gaare des so vorbereiteten Roheisens und (bei der nachherigen Verarbeitung) den Wegfall der allerersten Frischperiode. Der erste Apparat wurde von den englischen Hüttenleuten in Südwales erbaut, woselbst schon frühzeitig eine bedeutende Stabeisen-, namentlich Schienenfabrikation Platz gegriffen hatte.

Dieser Apparat, das englische Feineisenfeuer genannt, war nichts weiter als ein grosses, in die Länge gezogenes Frischfeuer, an den beiden Langseiten mit stark gekühlten Formen besetzt, gewöhnlich jederseits drei, im Ganzen also sechs, welche alle ein starkes Stechen hatten.

In diesem an den zwei Schmalseiten offenen und zugänglichen Herde wurde eine grössere Menge von Eisen, darunter mancher Abfall grösserer Abmessung, z. B. Ambossstücke, Walzenbruch, alte Munition, neben regelrechten Hochofenmasseln über Cokes niedergeschmolzen und, unten angelangt, ohne Weiteres abgestochen.

Ein Aufbrechen fand nur ausnahmsweise statt, wenn der Boden etwas kühl war und sich Ansätze gebildet hatten, deren Festwerden zu befürchten war.

Das lebhaft funkensprühende Eisen floss beim Abstich prasselnd in eiserne, mit Kalk ausgestrichene und gut vorgewärmte Formen, wurde nach dem Erstarren mit Wasser abgeschreckt und noch heiss zerschlagen.

Betriebsresultate finden sich vielfach in den älteren Werken angegeben. Karsten (a. a. O., III, S. 204) gibt an, dass zu einem Schmelzen 20—25 Centner, also 1000—1250 Kilo, je nach der Feuergrösse, eingesetzt und in 3 Stunden eingeschmolzen sind, wenn das Feuer gut im Gang ist. Die Cokes müssen bei dem Besetzen des Feuers in voller Gluth stehen, was beim fortlaufenden Betrieb, nachdem das Feuer neu beschüttet ist, ziemlich schnell zu gehen pflegt.

Der Abgang soll 12—15/$_{00}$ betragen haben, bei kürzerer Dauer des Verfahrens, z. B. bei der Verwendung eines aus leichtflüssigen Erzen erblasenen Roheisens, nur 9—10/$_{00}$.

Der Cokesverbrauch war ein sehr bedeutender und ein sehr ungleicher; von guten und dabei leichten Cokes brauchte man 45—50/$_{00}$ des Produktes, während von dichten und zusammendrückbareren Cokes 60—65/$_{00}$ kaum ausreichten.

Um einen möglichst scharfen und gleichmässigen Betrieb zu erhalten und um besonders das Voraneilen und Durchfallen von Eisenstücken durch den Cokeshaufen zu hindern, wurde sehr stark geblasen, und es betrug der Windconsum bei den kleinsten Feuern mindestens 20 cbm, bei den grössten bis 40 cbm von ca. $^1/_6$ Atmosphäre Spannung.

Das Stechen der Formen war 30—40^0, um auch das bereits niedergeschmolzene Eisen dem Wind noch auszusetzen.

Die Wände des Feuers bestanden nicht aus dicken Gussplatten wie bei den Frischfeuern, sondern aus mit Wasser gekühlten hohlen eisernen Kasten; der Boden wurde dagegen mit einer 0,30 bis 0,40 m dicken Schicht von fettem Sand, auch von zerstossenem Quarzgeschiebe, oder von Kalkstein bedeckt, wobei Karsten feuerfesten Thon als bestes Material bezeichnet.

Im Ganzen war der Betrieb der Feineisenfeuer theuer, besonders wo die Cokes schlecht und zerreiblich waren; er verschwand auch sofort, als es gelungen war, in den Hochöfen ein im Puddelofen rasch gehendes Eisen zu erzielen.

§ 318. Später erst kam man auf die Vorbereitungsöfen wieder zurück, als man sich mit der Entphosphorung beschäftigte und nach Methoden suchte, um minder reine Roheisensorten in Converter- und anderen Processen zu verwerthen.

Eine Anlage solcher neuer Oefen, welche im Anschluss an den Siemens-Martin- und an den Siemensprocess arbeiteten, ist auf Tafel I und II des Bandes dargestellt und bezieht sich in erster Linie auf die Ausführung der Entphosphorung nach Krupp und Bell (vgl. diesen Band S. 231, § 129), lässt sich aber ebensogut zur blossen Entkieselung anwenden, wenn die Erz- und Schlackensohle durch eine andere ersetzt wird, welche nicht in gleichem Maasse kräftig oxydirt.

Es ist dazu ein Constructionsprincip benutzt worden, welches von den Pernot'schen mechanischen Puddelöfen entlehnt worden ist, nämlich die Anlage eines um eine etwas geneigte Axe sich drehenden, kreisrunden, tellerförmigen Herdes in Verbindung mit einer festen Feuerungsanlage.

Während aber bei den ursprünglich nur zum Puddeln bestimmten Pernotöfen die Feuerungsanlage entweder eine gewöhnliche Rostfeuerung oder höchstens eine Unterwindfeuerung war, ist hier eine Gasfeuerung nach Siemens'schem Princip zur Anwendung gekommen, wie sie bei dem Siemens-Martin- und Siemensverfahren vom Anfang an im Betrieb war und, wie früher ausdrücklich hervorgehoben, hauptsächlich zu dem Gelingen und den Erfolgen des Verfahrens beigetragen hat.

Wie aus dem Grundriss Fig. 3 der Tafel I zu ersehen, wird aus einem für das ganze Werk angelegten Hauptgaskanal, welcher von einer Generatorenanlage gespeist wird (vgl. Tafel XXI), das Gas für den hier beschriebenen Waschofen mittelst eisernem Heberrohr entnommen und nach dem einen Ventil oder Vierwegehahn geführt, von wo dasselbe einmal nach dem einen, dann nach dem anderen Regenerator geführt wird.

Dasselbe geschieht mit der Luft, die ihren besonderen Vierwegehahn hat und auf jeder Ofenseite ihren eigenen Regenerator. Bei der Stellung der Ventile, wie sie im Grundriss Fig. 3, Tafel I angedeutet, gehen Gas und Luft nach dem rechts belegenen Regeneratorenpaar, werden dort vorgewärmt

und die benutzte Gasmischung des Ofens zieht durch das linke Kammerpaar ab und durch die beiden Ventile in den Kaminkanal.

Aus den Regeneratoren führten jederseits nur zwei Züge in den Ofen, einer aus der Luft-, der andere aus der Gaskammer, und vereinigen sich in einfachster Weise, so dass das Feuer schon in den Kanälen brennen muss, lange, ehe es den Ofenraum erreicht.

Da über den Betrieb der Anlage Mittheilungen nicht gemacht werden, so lässt sich schwer sagen, wie sich die Einrichtung der Kammern und Einlässe bewährt hat. Die später zu beschreibenden sonstigen Siemens'schen Oefen zeigen Einrichtungen, die man der eben geschilderten vorziehen kann.

Theoretisch ist jedenfalls zu bemängeln, dass Luft- und Gaskammer gleiche Grösse haben, was, gleiche Wärmeübertragung vorausgesetzt, schon unrichtig ist, aber bei der ungleichen Wärmeübertragung des Betriebes noch weit schlechtere Resultate geben muss. Das Gas strömt in der Regel mit einer höheren Temperatur in die Kammern, während die Luft nur die gewöhnliche Temperatur hat. Die letztere muss also, um auf die gleiche Temperatur gebracht zu werden wie das Gas, ein dem anfänglichen Temperaturunterschied entsprechendes Wärmeplus zugeführt erhalten, wozu naturgemäss auch die entsprechend grössere Steinmasse gehört.

Daraus ergibt sich von selbst die Nothwendigkeit, die Luftkammer grösser zu machen, als es hier geschehen. — Weiteres über diese Anlage wird bei der Besprechung der Siemens-Martinöfen mitgetheilt werden.

§ 319. Hier soll nur noch eine eigenthümliche Ofenconstruktion erwähnt und besprochen werden, welche längere Zeit zur Darstellung von Feineisen benutzt worden ist.

Um das Feinen des zum Puddeln bestimmten grauen Roheisens auch in Bezirken zu betreiben, wo man über billige Kohlen von schlecht backender Beschaffenheit disponirte, wie z. B. in Oberschlesien, suchte man das mit sehr hohem Cokesconsum arbeitende englische Feineisenfeuer durch einen Flammofen zu ersetzen, was auch nach einigen Schwierigkeiten gelang.

Der frühverstorbene Hütteninspektor Eck von Königshütte, welchem der Betrieb der Hochöfen und der Feinfeuer unterstellt war, erbaute den auf Tafel III dargestellten Gasfeinofen, welcher von 1844 an längere Zeit funktionirte und nach Eingehen des eigentlichen Feinbetriebes wiederholt als Schmelz- und Giessofen benutzt worden ist.

Auch in Gleiwitz benutzte man denselben, nicht um Roheisen zum Frischen vorzubereiten, sondern um für gewisse Klassen von Gusswaaren (Hartgüsse) ein weissgemachtes oder halbirtes Eisen herzustellen, wenn das Material diese Eigenschaften ohne Weiteres nicht selbst besass.

Abgesehen von dieser längeren Zeit wirklichen Gebrauches bietet der Ofen noch heute manches Interesse in construktiver Beziehung.

Es ist der erste Gasflammofen für schlechtes Kohlenklein, der thatsächlich in Betrieb gekommen und darin längere Zeit erhalten worden ist; dann ist es der erste Flammofen, in welchem zur Oxydation der Roheisenbestandtheile Luft auf das Bad geblasen worden ist, nach Art der englischen Kupferspleissöfen, die im Allgemeinen, abgesehen von der Feuerungsanlage, wohl als Vorbild gedient haben dürften.

Die ersten Betriebsergebnisse dieser Oefen sind mitgetheilt in Karsten's Archiv XX, 1846, S. 475 durch Eck selber, und es verdient als Beweis der Unbekanntschaft mit der Theorie des Processes hervorgehoben zu werden, dass man sehr verwundert war, den Kohlegehalt des Weisseisens nicht nur nicht geringer, sondern oft noch grösser zu finden als den des angewandten Roheisens, während die anderen Bestandtheile mehr oder weniger vollkommen abgeschieden wurden etc.

Interessant war noch, dass ein sehr gaar erblasenes, d. h. hochgraphitisches Eisen sich schwerer weissmachen liess, als ein minder gaar erblasenes Hochofenprodukt, und dass auch die Anwendung verschiedener Windtemperaturen im Hochofen die Raffinirbarkeit des Roheisens beeinflusste, so dass sehr heiss erblasenes Roheisen durchschnittlich schlechter weisste als kühler erblasenes. Die Resultate des Feinofenbetriebes waren bei feinkörnig-grauem, sogenanntem mittelgaaren Roheisen constanter als bei jeder anderen Sorte.

§ 320. Die Construktion des Ofens (Tafel III) zeigt einen im Profil hochofenschachtartig gebildeten, sonst aber gleichbreiten Generatorschacht mit Gebläse in direktem Anschluss an den Feuerkanal des Ofens, dessen Herd eine abgestumpft eiförmige Gestalt hat und in der Axe des Abstiches am breitesten ist.

Der Generator erhält die Windzuführung in der Nähe des Bodens durch vier rechteckige Oeffnungen aus einem gusseisernen Windkasten, in welchem aus der Hauptwindleitung eine Abzweigung mündet, welche durch einen besonderen Hahn regulirt werden kann. An derselben Seite ist am Boden des Generators eine mit Eisen gefütterte Auskratzöffnung für Schlacken und Rückstände, während darüber hart am Gewölbe die Einfüllöffnung (mit Thür verschliessbar, welche in Fig. 2 weggelassen ist) sich befindet.

Die Gase, welche im Generator entwickelt werden, streichen durch das Flammenloch nach dem Herdraum und werden gleich am Eingang durch erwärmten Wind verbrannt, welcher in breitem dünnen Strahl über die ganze Feuerbrücke eingeleitet wird.

Dieser breite und dünne Windstrahl wird hergestellt durch eine breite Schlitzdüse aus Kupferblech, in welche ein besonderes, im Winkel gebogenes Zweigerohr mündet, das seinerseits von einem besonderen Windleitungsrohr ausgeht, welches über einer in der vorderen Stirnwand des Ofens angelegten Feuerung liegt und nach Belieben erwärmt werden kann.

Ausser der genannten, zur Verbrennung der Generatorgase hauptsächlich benutzten Schlitzdüse sind noch zwei andere Düsen zu bemerken, welche, jederseits in schräger Richtung eingeführt, Windströme auf die Oberfläche des Metallbades zu blasen bestimmt waren, dabei aber auch das ihrige beitrugen, die Ofenflamme oxydirender zu machen.

Der Herdbau ist dem im Folgenden näher erläuterten Bau der Puddelofenherde nachgebildet und ruht auf dem Mauerwerk der Feuerbrücke und der Fuchsbrücke, demnächst aber noch auf zwei Trägern in der Mitte, so dass darunter ein freier Raum übrig bleibt, der von aussen her auf einer Seite zugänglich, sonst aber von Mauerwerk eingeschlossen ist.

Die Herdplatte ist aus einem Stück gegossen und mit aufstehendem Rand versehen. Sie wird auf den beiden Langseiten von Kühlkästen umgeben, welche mit kleinen Ventilationskaminen in Form eingemauerter Rohre verbunden sind, die Kühlungsluft aber an irgend einer Stelle der Aussenseite erhalten.

Auch die sehr massive Feuerbrücke hat eine Kühlung, welche mit einem etwas schwächeren Rohr als Zugkamin in Verbindung steht, und in der hier angedeuteten Weise kaum recht wirksam sein kann, da die Hauptthitze des Apparates an ganz anderer Stelle ist, d. h. am Beginn des Gewölbes.

Dieses Gewölbe hat denn auch in der That die meisten Bedenklichkeiten und Schwierigkeiten hervorgerufen, indem es grosse Mühe kostete, das Material längere Zeit intakt zu erhalten. Feuerfeste Steine von der damals erreichbaren Qualität erwiesen sich meist als unzureichend, und man konnte nur durch die Verwendung des im Bd. I, S. 285, § 656 erwähnten Quarzschiefers eine einigermaassen befriedigende Dauer des Gewölbes erreichen. Die ganze Eigenthümlichkeit dieser Rohmaterialien und ihr petrographischer Habitus machten den Bau der Gewölbe indess sehr schwierig, so dass die längere Dauer wieder zum Theil paralysirt wurde durch die Höhe der aufgewendeten Arbeitslöhne.

B. Die Einrichtungen zu der Ausführung des Flammofenfrischens.

§ 321. Bei der Ausführung des Puddelns oder Flammofenfrischens kommt in erster Reihe neben einer kleinen Anzahl anderer Apparate **der Ofen** in Betracht, in welchem der Frischprocess vor sich geht.

Dieser Ofen, der Puddelofen, hat im Laufe der Jahre, wie alle älteren Apparate, verschiedene Wandlungen durchgemacht, ohne jedoch seine Form und Grösse erheblich zu verändern. Man muss hierbei allerdings von der ganzen Schaar der mechanischen Puddler und Puddelöfen absehen, welche eine, wie Müller sagt, verzweifelnde Empirie nach und nach erdachte und verwarf, um den Process umzubilden, bezw. leistungsfähiger und bequemer zu machen und den aussichtslosen Kampf mit den Converterprocessen aufnehmen zu können.

Die heute noch vorhandenen normalen Puddelöfen gleichen den ältest bekannten noch immer im Grossen und Ganzen; verbessert ist wohl manches Detail der Construktion und der Feuerungsanlage, sowie der Ausnutzung der Wärme durch Kesselheizung etc., aber Grösse und Gestalt bewegen sich wesentlich noch in den alten Verhältnissen.

Geändert hat sich eigentlich nur das Detail des Arbeitsherdes, weil an die Stelle des alten ursprünglichen Trockenpuddelns das Schlackenpuddeln getreten ist, und man jetzt mit ganz erheblich höheren Temperaturen arbeitet als früher. Dann sind die Feuerungsanlagen zum Theil verbesserte geworden, wiewohl noch immer ein grosser Theil der Puddelöfen mit ganz einfachen Rostconstruktionen arbeitet.

§ 322. Ein Puddelofen mit Planrost und Steinkohlenheizung, der einigermaassen als Norm für niederrheinisch-westfälische Verhältnisse gelten kann, ist auf Tafel IV abgebildet.

Der ganze Ofen ist zum grossen Theil in Rippenplatten von Gusseisen, 30 mm stark, eingemantelt, welche an den Ecken des Ofenmauerwerkes und an den Fugen durch die Füsse von Bahnschienenstücken gefasst und von diesen gehalten werden. Die oberen und unteren Enden dieser Schienen sind durchbohrt und gegenseitig mit Zugstangen verbunden und verkeilt, so dass sie ganz fest auf den Gusseisenplatten aufgezogen erscheinen.

Die Gusseisenarmatur ist so getheilt, dass auf jeder Langseite eine 1200 mm breite Platte den Feuerraum deckt, eine zweite schmale, 620 mm, die Feuerbrücke, eine dritte, wieder breitere, 1130 mm, die Herdgegend, und die letzte, 760 mm breite, die Fuchsbrücke einschliesst.

Das Kopfende des Ofens ist wie das Fuchsende durch eine einzige Platte mit grösserer Durchbrechung bedeckt, welche beide Platten durch vier Eisenschienen gehalten und festgezogen sind.

Innerhalb dieses kastenartigen Mantels erheben sich zunächst die Längsmauern des Ofens, während die Kopfseite offen bleibt und auch am Fussende Luft von der Seite und unter dem Fuchskanal eintreten kann.

In diesen beiden Längsmauern werden in passender Höhe verschiedene Eisentheile eingelegt, welche als Träger für den weiteren Aufbau dienen sollen. Es sind dies von der Kopfseite beginnend:

ein gusseiserner Winkel zum Tragen der Kopfstirnwand,
die beiden Rostbalken, der eine beweglich zum Schütteln des Rostes,
ein etwas weniger kräftiger, gusseiserner Winkel zur Unterstützung der Feuerbrücke,
endlich drei Schienen zum Tragen des Herdes.

Auf den letzteren liegen zwei gusseiserne Balken hochkantig aufgerichtet mit zwei schwalbenschwanzartigen Ausklinkungen in der Oberseite entsprechender Verstärkungen der Balken. Die drei den Boden des Herdes bildenden Platten, welche mit Falzen aneinander stossen und an den Fugenseiten unterwärts Rippen angegossen haben, stehen mit diesen Rippen theils in den schwalbenschwanzartigen Ausschnitten der Balken, theils auf der glatten Oberseite der Balkenenden, so dass in den schwalbenschwanzartigen Nuthen immer zwei solcher Rippen zusammengeklemmt sind.

Auf der so hergestellten, vollkommen ebenen Herdfläche wird nun die Herdwand selbst aus dicken gusseisernen, mit Wasser gekühlten Blöcken aufgebaut, welche in passender Weise getheilt und wieder zusammengesetzt sein müssen, um dem Treiben des Feuers zu widerstehen. Wie aus den Figuren 1 und 4 hervorgeht, ist das Profil dieser Herdwand ein prismatisch vierkantiges mit drei aufeinander rechtwinkeligen und einer abgeschrägten Seite. Diese letztere liegt innen und bildet die eigentliche Abgrenzung der Herdmulde, ehe die Erz- oder Schlackenfutter hineingebracht und aufgeschmolzen werden. Die Kühlung wird durch ein in der oberen Hälfte des Profils eingelegtes und umgossenes schmiedeeisernes Rohr gebildet, da die mit Lehmkernen hergestellte Höhlung nicht immer wasserdicht ausfällt. Zur Vermeidung von Stoffverschwendung ist die Unterhälfte der Blöcke etwas ausgehöhlt, nach aussen weniger, nach innen mehr Metall stehen lassend.

Die Theilung des ganzen Herdwalles ist, wie aus Fig. 2 ersichtlich, so durchgeführt, dass die Rückwand besonders, Feuerbrücke und Fuchsseite ebenso besonders liegen. Die Wasserkühlung wird nicht wie bei manchen anderen Oefen durch die Schnitt- oder Stossfläche geführt, weil die Dichtung dann sehr schwer, fast unmöglich fällt, sondern sie tritt in jedem Block nach aussen, wo sie mittelst kupferner Krümmer die beste gegenseitige Verbindung erhält.

Unter der Thür ist die Herdwand unterbrochen, um den Schlackenstich anzubringen; dort baut sich die an der Armatur des Ofens befestigte Schwellenplatte von einem Wandflügel zum anderen herüber. Auf der Herdwand und hinter derselben werden die Seitenwände des Ofens weiter gemauert, bis sie die zum Aufsetzen der Gewölbe geeignete Höhe erhalten haben.

Die Feuerungsanlage und das übrige Detail sind ohne Beschreibung verständlich, und gibt besonders Fig. 2 Aufschluss über den drehbaren Rostbalken, der zum Lockern und Schütteln des Feuers dient.

§ 323. Ein Puddelofen mit Treppenrost für gasreiche, aber nicht besonders stückige Kohlen ist auf Tafel VII dargestellt und in Fig. 49 wiederholt worden.*)

Es ist ein Ofen von noch älterer Einrichtung, was Herdbau, Kühlung und dergleichen anlangt, und wurde Ende der 50er Jahre auf der Königshütte zuerst in Betrieb gebracht, um Feinkorneisen für Schienenköpfe zu puddeln.

Die Armatur des Ofens ist schwerfälliger als die des eben beschriebenen Ofens, die vertikalen Streben sind von Gusseisen und mit angegossenem Kasten zum Durchstecken der Herdplattenträger, die dafür ziemlich schwach aussehen, versehen.

Diese Träger, gewöhnliche T-Eisen, sind gleichzeitig als untere Zuganker benutzt, während die übrigen Streben einfach in der Hüttensohle eingelassen und durch Mauern oder sonst in geeigneter Weise gehalten sind.

Die Herdkühlung ist einfach rechtwinkelig vierkantig und besteht aus sechs Stücken, welche mit schrägen Flächen ineinander stecken und mit Bändern an diesen Stellen gebunden sind.

Die Bodenplatten haben einen angegossenen Wulst, der sich innen gegen die Wand der Kühlung legt und den Winkel gewissermaassen dichtet oder füllt. Die Kühlwasserzu- und -ableitung ist etwas umständlich angeordnet und nicht so einfach wie bei dem Ofen Tafel IV.

Dicke, stopfbüchsenartige Anschlüsse auf den beiden Seiten der Arbeitsthür scheinen allen Verlusten begegnen zu sollen.

Die Rostconstruktion ist die bekannte: eine Doppelwange in der Mitte, zwei Halbwangen an den Seiten ruhen einerseits auf dem ersten Rostbalken, andererseits an der Armatur des Kopfendes und tragen die aus dicken Blechstreifen hergestellten Stufen des Treppenrostes.

*) Die Wiederholung wurde nothwendig, weil durch ein Versehen des Zeichners die vertikal eingeschriebenen Maasse der Tafel fortgeblieben sind.

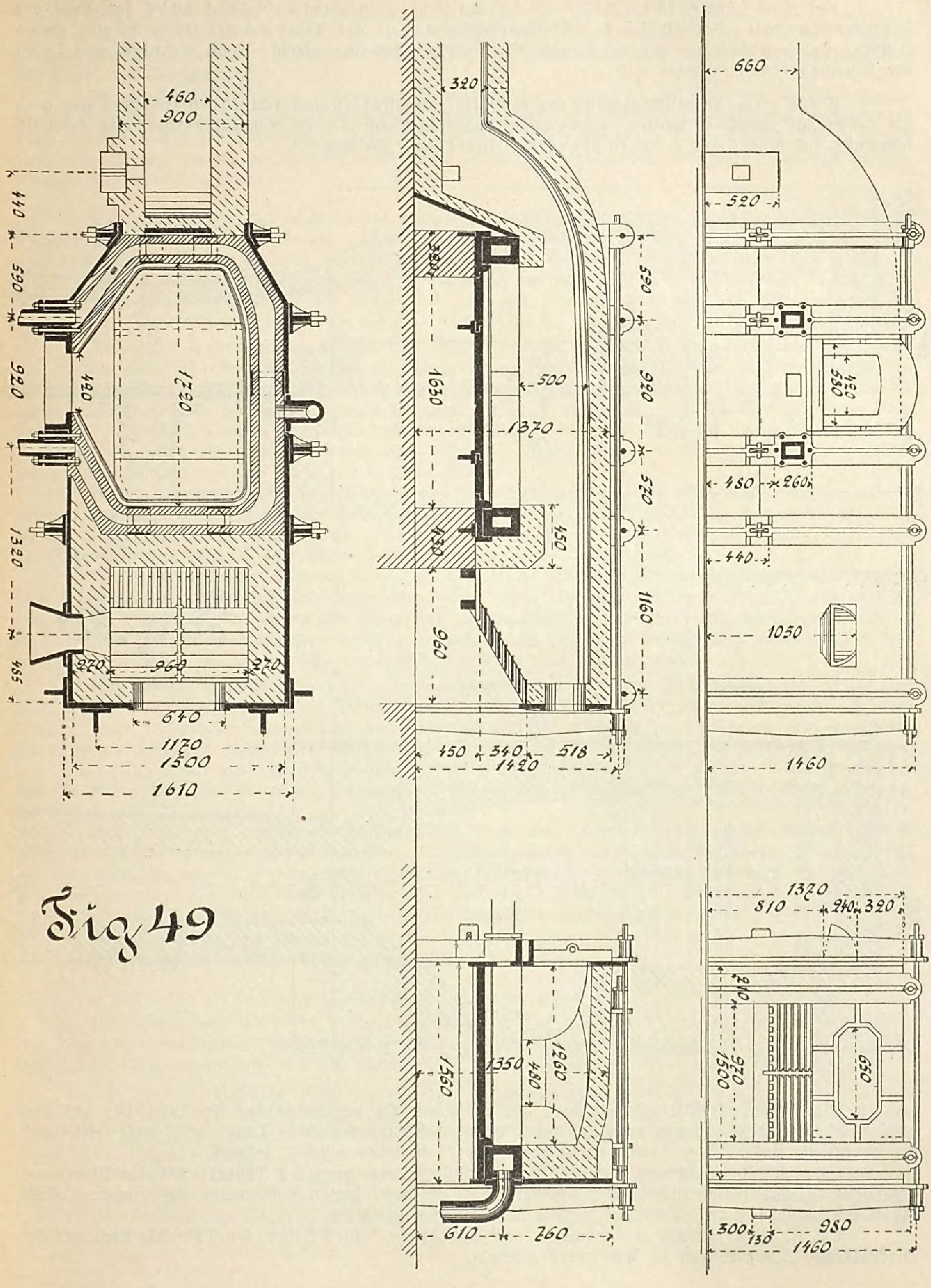

460
900
440
590
920
420
1720
1320
485
270
960
270
640
1170
1500
1610
320
390
1630
500
1370
430
450
960
590
920
570
1160
450
340
518
1420
660
520
420
530
480
260
440
1050
1460
1560
1350
480
1260
610
260
1370
810
240
320
210
970
1500
650
300
130
980
1460

Fig 49

Ein ganz kurzer, höchstens $^1/_3$—$^2/_5$ der Rosttiefe einnehmender Planrost bildet den Fuss des Treppenrostes und vermittelt die Ausschlackearbeiten etc. In der Kopfwand des Ofens ist eine grosse Oeffnung gelassen und nur mit schwachem Mauerwerk zugesetzt gedacht, wenn sie nicht zum Laden der Feuerung benutzt werden sollte.

§ 324. Zur Vervollständigung des über die gewöhnlichen Puddelöfen Gesagten mag noch auf die Fig. 50 verwiesen werden, welche einen kleineren Puddelofen für Feinwalzwerksbetrieb darstellt, construirt und erbaut von A. Hollenberg in Dinslaken (Niederrhein).

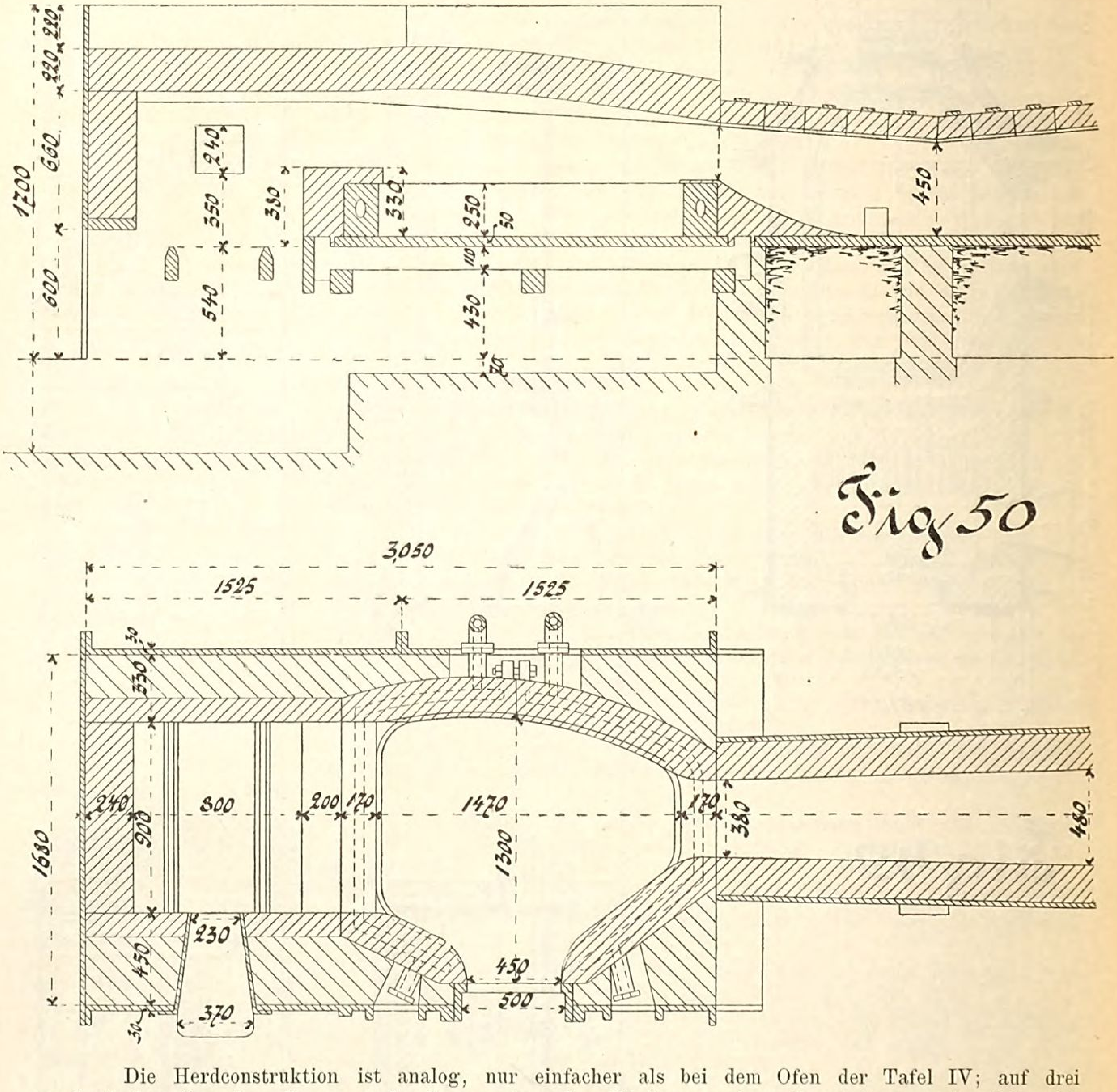


Fig 50

Die Herdconstruktion ist analog, nur einfacher als bei dem Ofen der Tafel IV; auf drei quadratischen Quereisen liegen zwei mit vorspringenden Köpfen versehene Langträger, auf welche sich die eigentliche Bodenplatte, welche aus einem Stück zu bestehen scheint, auflegt.

Die gekühlte Herdwand ist zweitheilig, in der Fortsetzung der Thüraxe auf der Hinterseite des Ofens zusammengeschraubt und hat sowohl vorn als auch hinten Rohrstutzen angegossen, welche die Wasserzuführung und -ableitung bequem zu befestigen gestatten.

Um an diese Stutzen zu gelangen, sind sowohl zu beiden Seiten der Thür als auch auf der Ofenrückseite Aussparungen im Mauerwerk gemacht.

Die Feuerbrücke ist sehr niedrig, dem Charakter der bei Oberhausen am Niederrhein auftretenden Kohlen entsprechend, welche zu den kurzflammigen Back- und Sinterkohlen gehören.

Die Feuerungsanlage ist ein einfacher Planrost, auf zwei oben etwas abgespitzten Rostbalken gelagert und hinten an die Trägerplatte der Feuerbrücke anstossend, welche ihrerseits wiederum gegen die Köpfe der Herdlangträger stösst.

Der Fuchs des Ofens ist horizontal mit eiserner Sohle genau in der Höhe der Herdbodenplatte angelegt und mit einem halbsteindicken Gewölbe überbaut, das durch zahlreiche Bänder zusammengehalten wird. Gleich hinter der Fuchsbrücke befindet sich ein Schlackenabfluss an der Seite; der Fuchs scheint nach einer Kesselfeuerung hinzugehen, ähnlich wie sie die Figuren 54 und 55 zeigen und wie sie vorwiegend angewendet werden.

§ 325. Die bis jetzt besprochenen Beispiele von Puddelöfen zeigten ziemlich übereinstimmende Feuerungs- und andere Verhältnisse. Diese Gleichmässigkeit wird gestört, sobald es sich um Verwendung von anderen Kohlen oder um Gasfeuerung handelt.

In beiden Fällen ändert sich der Bau der Feuerungsanlage, doch er nicht allein, da eine Einwirkung auf die Dimensionirung des Herdes, der Brücken etc. nie ganz ausbleibt, wenn ein so einschneidender Theil des Ganzen, wie es die Feuerungsanlage ist, eine eingreifende Veränderung erleidet.

Vergleicht man z. B. die Gestalt der Herdflächen und namentlich das Verhältniss der Länge zur Breite, dann die absoluten Längen der Herde, so erkennt man leicht, dass der Ofen Fig. 50 ein Ofen für kurzflammigen Brennstoff ist, dass der Ofen Tafel IV für einen mittelflammigen Brennstoff erbaut und in Betrieb gebracht ist, dass dagegen der bedeutend mehr in die Länge gezogene Ofen Tafel VII und Fig. 49 einen Brennstoff mit langer Flamme bedingt. Alle drei sind aber für direkte Feuerung mit Steinkohlen erbaut, wenn auch schon für Steinkohlen von sehr verschiedener Qualität, deren Cokesausbeute von 85—55/₀₀ herab schwanken kann.

Der Treppenrost Tafel VII bildet, weil bei ihm die Schüttung erheblich höher ist als bei den anderen Rosten, den Uebergang zu den eigentlichen Gasfeuerungen für Puddelöfen. Die ersten derselben wurden schon sehr früh versucht, als es sich darum handelte, geringwerthige und leichte Brennstoffe zu verwerthen und dennoch sehr hohe Temperaturen damit hervorzubringen.

Die österreichischen, bayrischen und Schwarzwälder Hütten haben sehr frühzeitig das Puddeln in mit Braunkohlen, Torf und Holz betriebenen Oefen auszuführen versucht und mit mehr oder minder complicirten Einrichtungen längere Zeit gearbeitet. Schliesslich ist nur noch die Braunkohlenverwerthung in Puddelöfen als der Steinkohlenverwendung gewachsen und neben ihr bestandfähig geblieben und entsprechend verbessert und construktiv durchgebildet worden, wie gezeigt werden soll.

Inzwischen versuchte Siemens, seinen Regenerativofen für den Puddelprocess zu verwerthen, doch scheiterten diese Versuche an inneren und äusseren Widerständen. Einerseits war die Verbindung eines in seinem Wärmebedarf und seinen Reaktionen wechselnden Verfahrens mit einem nur für constante Leistung ausgiebigen und benutzbaren Ofen ein Fehler, dann trat noch die Unmöglichkeit hinzu, die bisher von der Ofenabhitze betriebenen Kessel weiterhin in gleicher Weise zu führen, und die Nothwendigkeit, besondere Kesselanlagen zu betreiben, um den Dampf für die Luppenhämmer, Walzwerke etc. zu produciren.

Daher sind nur ausnahmsweise Puddelöfen nach dem Siemens'schen System längere Zeit in wirklichem Betrieb gewesen und einige Jahre, nachdem Siemens durch seine Broschüre: On puddling, versucht hatte, für seine Idee Propaganda zu machen (1867), traten bereits wettbewerbende Construktionen von Gasfeuerungen mit theilweiser Regeneration auf, die heutzutage in etwas veränderter Form die Lage vollkommen beherrschen und die meisten der alten Feuerungen verdrängt haben.

In erster Linie sind hierbei die Bicherouxöfen, dann die Boëtiusöfen zu erwähnen, denen sich minder bedeutsame andere Construktionen zeitweilig anschlossen.

§ 326. Die Grundzüge der metallurgischen Gasfeuerungen sind folgende:

Man stellt, wie schon im I. Band, §§ 648—650, S. 281 und 282 hervorgehoben worden ist, Gemische von Verbrennungs- und Destillationsgasen in besonderen Feuerungsanlagen her, welch letztere theils construktiv unabhängig von dem Heizraum, theils an denselben angeschlossen sein können.

Aus hoch beschütteten Rostconstruktionen hervorgegangen, entwickelten sich die Generatoren nach und nach zu fast selbstständigen Apparaten, welche wie Dampfkessel funktioniren und oft nur durch eine mehr oder minder ausgedehnte Leitung mit den Verbrauchsorten der Gase, d. h. mit den Heizstätten, zusammenhängen.

Während die direkte Feuerung stets mit einem Luftüberschuss von wechselnder Grösse arbeiten muss, um eine vollkommene Verbrennung der Brennstoffe und die Abwesenheit unverbrannter brennbarer Gase in den Füchsen und Kaminen der Oefen zu ermöglichen, arbeitet die Gasfeuerung in zwei Absätzen ihr Pensum durch.

In der direkten Feuerung verbrennt der Brennstoff zu Kohlensäure und Wasserdampf mittelst der reichlich dem Rost zugeführten Luft; nur vorübergehend, z. B. bei unvorsichtigem Beschütten, entstehen durch Destillation und durch ungenügende Luftzufuhr brennbare Verbrennungs- und Destillationsprodukte, Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff, Wasserstoff, welche dann oft unverbrannt die Esse und selbst die Mündung derselben erreichen. Der durch ihre Verbrennung mögliche Effekt ist mithin für den geheizten Apparat verloren und repräsentirt einen Mehrverbrauch an Brennstoff.

Ein weiterer, sehr erheblicher Mehrverbrauch an Brennstoff wird bei den direkten Feuerungen hervorgerufen durch das immerwährende Schüren der Roste und die hierbei vor sich gehende Zertrümmerung der Kohlen, die in Massen halbverbrannt durch die Rostzwischenräume fallen und vielfach als Brennmaterial für häusliche Zwecke ausgesiebt und verwerthet werden müssen, um den Verlust etwas auszugleichen.

Bei der Gasfeuerung arbeitet man mit einem Quantum von Luft, welches nur genau dem Sauerstoffbedarf des Vergasungsprocesses zu entsprechen braucht, ohne einen Ueberschuss an Luft zu zeigen. Die Verbrennung kann eine ganz ruhige, ungestörte sein, und ausser Blöcken zusammengesinterter Schlacken oder staubartigen ungesinterten Aschentheilen fällt nichts durch die Roste der Generatoren.

Es fällt mithin der ganze Kohlenverlust der direkten Feuerungsanlagen bei den Generatoren fort, was nicht allein die volle Ausnutzung besserer Brennstoffe bedeutet, sondern auch die Möglichkeit der Verwendung auch minderwerthiger, staubiger oder pulveriger Brennstoffe, welche bei direkten Feuerungen sofort durch den Rost fallen, besonders aber das Schüren nicht vertragen würden.

Und doch würde das Schüren das einzige Mittel sein, eine lebhafte und für den Heizzweck ausreichende Verbrennung hervorzurufen, wenn man nicht andere Mittel, z. B. Gebläse, mit in Benutzung nehmen kann, was ja immer besondere Anlagen erfordert und bei flach beschütteten Feuerungen eine starke Flugstaubbildung hervorrufen dürfte, welche für manche Ofenbetriebe schädlich werden kann.

Das so entwickelte Gasgemisch hat naturgemäss eine viel gleichmässigere Zusammensetzung als das aus den direkten Feuerungen sich entwickelnde, bald schmauchend, bald klar brennende Gas, abgesehen von dem grundzüglichen Unterschied in der Zusammensetzung beider.

§ 327. Die Vergasung in den Generatoren verläuft sehr verschieden, je nach der Natur der Brennstoffe, insofern es sich um die Zeitdauer der Vergasung handelt. Obwohl bestimmte, klar ausgesprochene Untersuchungen darüber nicht vorliegen, so hat die seither stark ausgebreitete Praxis der Gasfeuerung den Satz als unzweifelhaft richtig hingestellt, dass jeder Brennstoff seinen speciellen Generator verlange, in welchem Abmessungen wie Construktionsdetails der Kohlenart sich stets anpassen müssen.

Die Frage: Welches ist die zweckmässigste Generatorconstruktion für einen gegebenen Brennstoff? kann theoretisch gar nicht gelöst werden, weil eben noch zu viel Elemente für die Rechnung fehlen.

Die praktische Lösung der Frage ist wesentlich nach zweierlei Richtungen bis jetzt versucht worden:

1. durch Anlage einer grösseren Zahl gleichgestalteter Generatoren, von denen nach Bedarf benutzt wurden;
2. durch allmäliges Ausstudiren einer Construktion und Anpassen derselben den verschiedensten Zwecken und Materialien.

Den ersten Weg haben die Gebrüder Siemens und nach ihnen verschiedene andere Ingenieure, die vorwiegend aus den Siemens'schen Büreaux hervorgegangen sind, betreten, indem sie eine Construktion für mittlere Eigenschaften des gewöhnlichsten Brennstoffes allmälig ausbildeten und derselben eine nicht zu bedeutende Grösse gaben.

Vom Treppenrost oder vielmehr von der Combination eines Treppenrostes mit einem Planroste ausgehend, wie sie in Tafel VII, Textfigur 49 dargestellt ist, vergrösserten sie den Treppenrost und mit ihm die Feuerung selbst durch die Anlage einer schrägen, dem Treppenrost sich oberhalb anschliessenden Fläche, auf welcher der von oben eintretende Brennstoff zunächst einen Vorwärmungs- und Entgasungsprocess durchmacht und erst am Treppen- und Planrost in die wirkliche Verbrennungssphäre tritt. Um den Niedergang des Brennstoffes ohne viel Schüren möglich zu machen, gab man der Rostplatte wie dem Treppenroste eine so starke Neigung, dass der Brennstoff darauf nicht liegen blieb, sondern langsam weiter rutschte, wenn durch das Ausschlacken des Planrostes Raum gewonnen worden war.

Nur von oben her wurde ab und zu durch Nachstossen das Heruntergehen des Brennstoffes befördert, und für diese Funktion waren auch die erforderlichen Vorkehrungen getroffen.

Nach vielen Versuchen und Umänderungen blieb man endlich bei der Tafel XXI dargestellten Construktion stehen und legte immer vier Generatoren zu einer Gruppe oder Block zusammen, welcher einen gemeinschaftlichen Gasabzug hatte und zum Betrieb eines grösseren Ofens, z. B. eines Tiegelofens oder eines Siemens-Martinofens, ausreicht. Bei schwächerem Bedarf oder bei gasreicheren Kohlen wurden dann nicht alle Generatoren betrieben, sondern nur einzelne des Blockes, und die Anlage bekam durch diese Anordnung eine gewisse Elasticität insofern, als man sich im Betrieb ganz und gar nach den Anforderungen der Materialien etc. richten konnte.

Später hat das Siemens'sche Büreau auch noch eine etwas veränderte Generatorconstruktion bekannt gemacht, bei welcher die Rostfläche steiler und die Planrostfläche grösser angeordnet waren. Auch stiess der Planrost nicht vollständig an die Feuerbrückenwand an, sondern gestattete grösseren Schlackenblöcken den Durchgang. Dann war die freie Seite des Generators durch eine Thür verschlossen und der Betrieb von Körting'schen Bläsern angebracht (cf. die colorirten Tafeln in Percy's Metallurgy, II. edit., vol. I; danach Dürre, Katechismus der allgemeinen Hüttenkunde, S. 236, Fig. 116). Derartige specielle Constructionen sind wohl wesentlich für backende Kohlen entworfen; ob sie in grösserer Anzahl zur Ausführung gelangten, ist nicht bekannt geworden.

§ 328. Der andere Weg, die Frage der zweckmässigsten Generatorconstruktionen für einen gewissen Brennstoff praktisch zu lösen: das allmälige Ausstudiren einer Construktion und deren Anpassung an die verschiedensten Zwecke und Materialien, ist von verschiedenen Ingenieuren mit mehr oder minder Erfolg betreten worden.

Für das Eisenhüttenwesen und speciell für den Puddelprocess sowie den gewöhnlicheren Schweissofen- und Wärmeofenbetrieb haben sich die zwei schon genannten Construktionen, die Generatoren von Boëtius und von Bicheroux, bewährt, denen vielleicht noch die von Gorman, Ponsard, Lencauchez zur Seite gestellt werden können, obwohl sie complicirter sind und dadurch etwas empfindlich gegen Störungen sich zeigten.

Die meisten dieser Generatoren arbeiten im direkten Anschluss an die Heizräume und produciren durchschnittlich heissere Gase als die Siemensgeneratoren. Auch tritt die Kohlensäurebildung stärker auf, involvirt aber wegen der direkten Benutzung der Gase (ohne zwischenliegende Abkühlung) keinen erheblichen Verlust an Wärme. Da bei diesen Systemen jeder Ofen seinen eigenen Generator hatte, so musste man für jeden praktischen Fall, für jedes besondere Material unbeschadet des Princips die Construktion modificiren, und darin lag vielfach die Klippe für die Anerkennung und Verbreitung guter Constructionen verborgen.

Was für eine Gruppe von Umständen passte, liess sich nicht ohne Weiteres für eine andere Gruppe verwerthen und nachchabloniren. Wo es dennoch geschehen, entstanden falsche Urtheile, die auf den selbstverschuldeten Misserfolgen beruhten. So hat z. B. die Uebertragung eines für halbfette, gasarme Kohlen construirten Bicherouxgenerators in einen mit sehr gasreichen, ebenfalls halbfetten Kohlen arbeitenden Bezirk deshalb einen Erfolg nicht gezeitigt, weil der Generator sich als zu klein erwies.

§ 329. Bezüglich des Betriebs der Generatoren ist noch auf folgende Punkte hinzuweisen.

Aus dem über die Vergasung etc. Vorgetragenen geht zunächst hervor, dass eine starke Kohlensäurebildung durch zu starken Luftzutritt in Folge heftigen Schürens etc. vermieden werden muss. Die sich etwa bildende Kohlensäure muss möglichst vollständig reducirt werden, und deshalb darf die Schüttung nicht unter ein gewisses Maass herabsinken.

Die Verbrennung, d. h. der Luftzutritt, ist bei den Generatoren durch besondere Mittel zu regeln, unter denen sich neuerdings blasende Vorrichtungen als das Vorzüglichste herausgestellt haben, während Ofen- und Kaminzug nicht immer mit gleicher Sicherheit funktionirten.

Bei den Siemens'schen Generatoren, wie sie Tafel XXI sich abgebildet finden, suchte man ein ausreichendes Zugmoment dadurch herzustellen, dass man die Gase zunächst in einen thurmartigen Essenstumpf, dann in ein horizontal durch die Luft geführtes und dadurch abgekühltes Rohr, endlich wieder abwärts in ein vertikal auf einer unterirdischen Fortleitung stehendes Rohr strömen liess. Der Unterschied in der Dichtigkeit der Gase in beiden senkrechten Leitungstheilen und das Herabsinken der abgekühlten Gase sollten das Aufsteigen der heissen Gase und dadurch die Zugwirkung hervorbringen. Es ist bekannt, dass dem Eintreten dieser theoretisch wichtigen Vorgänge und damit der Ausführung dieser Ideen sich verschiedene, mit dem Betrieb unvermeidlich verbundene Widerstände entgegenstellten.

Einmal war es die Menge von condensiblen Destillaten, welche durch Verengung und Verstopfung des horizontalen Rohres das Zugverhältniss beeinflusste, dann aber waren es die Störungen im Generator selbst, das Zusammenbacken der Kohlen, Bildung von leeren Räumen, Luftsäcken etc., die störend auftraten.

So kam man nach und nach auf die Idee des Unterwindes, besonders bei minder geeigneten Kohlen, und benutzte namentlich die Dampfstrahlgebläse von Körting, welche durch die Gegenwart des fein zertheilten Wasserdampfes auch noch auf die Kohlenwasserstoffbildung in den Gasen hinwirken.

In allerjüngster Zeit sind die mit Körting'schen Bläsern betriebenen Siemensgeneratoren auch für solche Kohlen angewandt, welche ein Dichtläger nicht begünstigen, weder backen noch zerfallen. Man hat in diesen verstellbaren Zugerzeugern eben ein Mittel der Regulirung und kann der etwaigen, dabei zu weit gehenden Steigerung der Kohlensäureproduktion sofort durch Verminderung des Luftzutrittes sowie durch höhere Schüttung entgegenarbeiten.

Alle diese Verbesserungen haben indess nicht möglich gemacht, sich der Siemensöfen zum Puddeln bedienen zu können; es muss das hier ausdrücklich bemerkt werden, weil aus der eben

angeführten Regulirbarkeit des Luftzutrittes eine erweiterte Anwendbarkeit des Siemensofens leicht gefolgert werden könnte.

Bei den direkt den Oefen angeschlossenen Generatoren, wie es der Bicherouxgenerator und auch die vorhin genannten anderen ähnlichen Construktionen sind, wird die Regulirung des Zuges wesentlich durch Essenzug und Klappen besorgt. Es steht dabei nichts im Weg, mehrere Oefen an eine Sammelesse zu legen und sie auch noch mit angehängten Dampfkesseln zu versehen. Die Essen und die Füchse haben die für die Maximalleistung der Oefen erforderliche Weite, während man den Kesseln eine durch Erfahrung zu ermittelnde grössere Heizfläche gibt als für direktes Feuer.

Bezüglich des Betriebes einzelner dieser Generatoren verdient auch noch besonders hervorgehoben zu werden, dass man den Rost nicht gleichmässig behandelt, sondern dass man denselben immer nur zur Hälfte beschüttet, so dass er auf einer Seite abflammt, auf der anderen dagegen im Vollfeuer steht. Diese Betriebseigenthümlichkeit bedingt für sich allein schon eine erhebliche Vergrösserung der Rostfläche gegenüber den Verhältnissen gewöhnlicher Feuerungsanlagen.

§ 330. Die Generatorgase bedürfen zu ihrer vollständigen Verbrennung einer gewissen, je nach der Zusammensetzung jener wechselnden Luftmenge.

Die Verbrennung wird eine um so vollkommenere, je grösser das den beiden Strömen zugeführte Wärmequantum ist. Die meisten Generatorgase brennen wohl auch in kalter Luft, wenn sie selbst nicht zu nass und zu staubig sind, aber man bedient sich in der Praxis stets der vorgewärmten Luft zu ihrer Verbrennung.

Die Vorwärmung geschieht mit Hilfe der Abhitze des Ofens und bezw. der durch die Wände von der Feuerungsanlage ausgehenden Wärme.

Bei dem Siemens'schen Ofen wird bekanntlich die volle Abhitze zur Vorwärmung der Luft neben der Vorwärmung des Generatorgases benutzt; es bleibt von der in den verbrannten Gasen des Ofens abziehenden Wärme sozusagen nichts mehr übrig, wenigstens nichts, was benutzbar wäre.

Durch diese mittelst alternirend benutzter, mit Ziegeln ausgesetzter Kammern, der „Regeneratoren" oder Wärmespeicher, herbeigeführte, nahezu vollständige Aufsaugung und Zurückführung der Abhitze wird es möglich, in den Siemens'schen Oefen eine sehr hohe Temperatur mit Sicherheit zu erzielen, und deshalb sind Siemens'sche Oefen überall da von absoluter Unentbehrlichkeit, wo sehr strengflüssige Materialien geschmolzen oder in irgend welcher Weise hoch erhitzt behandelt werden sollen. Eine gleich hohe Temperatur kann man wohl auch mit anderen Vorwärmsystemen erzielen, aber die Erfahrung zeigte, dass die Siemens'schen Oefen doch Verbreitung und ausgedehnte Anwendung erlangt haben, überall, wo es sich um grössere Leistungen hinsichtlich der Temperaturentfaltung handelte.

Diesen Vorzügen gegenüber sind als Nachtheile des bei Siemens'schen Oefen angewandten Vorwärmungssystems anzuführen zunächst der Wegfall jeder sonst noch benutzbaren Abhitze, dann eine gewisse Unbeweglichkeit des Betriebes.

Der Ofen lässt sich schwer umstimmen und in seiner Wirkungsweise ändern; der Gang der Generatoren muss ein möglichst gleicher sein, und nur durch Veränderung des Verhältnisses zwischen Luft und Gas bei der Einführung in die Wärmespeicher könnte man auf die Verbrennungserscheinung einwirken. So einleuchtend dies auch ist, so wenig durchführbar ist der Kunstgriff in der Wirklichkeit. Zunächst ist zu betonen, dass die Gase des Generators trotz möglichst kühlen Ganges doch immerhin mit 2—400° das Zulassventil erreichen, welches nach dem betreffenden Vertheilungsventil vor den Wärmespeichern führt, während die Luft mit der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre eintritt. Durch diese Verschiedenheit in der Temperatur, welche durchaus keine constante, sondern eine je nach dem Gang der Generatoren schwankende Grösse ist, wird eine reichliche Oeffnung der Gasventile und dadurch ein Gasüberschuss von selbst leicht herbeigeführt, und man zieht vor, dem frei zutretenden Gas die Luft beizumessen und für vollkommene Verbrennung im Ofen zu sorgen.

§ 331. Diese beiden Eigenschaften, die man für manche Fälle der Anwendung, z. B. auf den Puddelprocess, als Mängel bezeichnen kann, einerseits die grosse Gleichmässigkeit des normalen Ganges der Siemensanlagen, andererseits der Wegfall jeder Abhitze, die man zum Kesselbetrieb verwerthen könnte, haben zur Erfindung und Construktion von Generatorfeuerungen geführt, welche die genannten Eigenheiten nicht zeigten, in ihrem Gang lenksamer waren und für andere Zwecke noch Abhitze übrig hatten.

Alle diese Gasfeuerungen unterscheiden sich von der ursprünglichen Siemensanlage dadurch, dass die Generatoren an die Oefen angeschlossen sind, die Gase ohne jede Abkühlung in die Herdräume und zu den Einsätzen treten, und dass nur die Verbrennungsluft durch die Abhitze sowie durch andere Mittel vorgewärmt wird (vgl. § 328).

Diese Vorwärmung geschieht mehr oder minder intensiv, je nachdem die Abhitze zur Luft übergeführt wird. Der Regel nach geschieht diese Ueberführung continuirlich, indem der Luftstrom durch ein Raum- oder Kanalsystem geführt wird, dessen Wände äusserlich von dem abziehenden Gasfeuer bespült und von dem Inhalt des Generators, bezw. auch des Herdes, erwärmt werden.

Je nachdem die übergeführte Wärme dickere oder dünnere Wandungen zu passiren hat, geschieht die Lufterwärmung in minder oder mehr vollkommener Weise.

Boëtius begann den Reigen, indem er in der Feuerbrücke und in den Wänden des Generators Luft circuliren liess und sie dann durch die Decke in den Herdraum führte, wo die Luftströme den horizontal fortstreichenden Gasstrom kreuzten, sich mit ihm mischten und seine Verbrennung vollendeten. Hierbei war noch Abhitze genug vorhanden, um Kessel zu heizen oder Vorwärmräume zu betreiben, falls der Betrieb dergleichen erforderte.

Da die Boëtiusgeneratoren noch jetzt Anwendung finden, werden später einige Ausführungen derselben beschrieben werden.

Weit mehr Erfolg im Bereiche des Hüttenwesens hatten die Bicherouxgeneratoren, von denen zahlreiche Beispiele auf den Tafeln und unter den Figuren dieses Bandes sich finden. Die Dimensionirung der Generatoren war eine reichliche und der Betrieb derselben wurde ruhiger geführt als der der Boëtiusfeuerungen. Die Luftvorwärmung geschah wesentlich unter dem Herde und dabei in so einfacher Art, dass complicirte Durchbrechungen glühender Wände und überhaupt verzwickte und unhaltbare Constructionen vermieden werden konnten. Wenn die Luftvorwärmung auch vielleicht nicht ganz so vollkommen ausfiel wie bei der Anwendung umständlicherer Einrichtungen, so war dafür das Gas heisser und die Erzielung hoher und höchster Temperaturen dadurch dennoch möglich.

§ 332. Eine weitere energischere Vorwärmung der Luft und damit eine stärkere Leistung des Ofens suchten andere Construkteure dadurch hervorzubringen, dass sie die trennenden Wände zwischen dem abziehenden verbrannten Gas und der zu erhitzenden Verbrennungsluft zu ausserordentlicher Dünne schwächten und dadurch die Transmissionen der Wärme steigerten.

Gorman legte quer durch den kastenartig erweiterten Fuchs eine grosse Zahl thönerner Röhren, welche zwei Sammelkästen verbanden, und durch welche die Luft in ebensoviel Strömen strich. Bei zu heftiger Feuerung des Ofens schmolzen die Rohre leicht zusammen, zumal wenn sie aussen voller Flugasche sassen.

Ponsard und Gaillard-Haillot bedienten sich gut gearbeiteter Hohlsteine, aus denen sie verschränkte Systeme sich kreuzender Kanäle aufbauten und durch das eine System die Abhitze fortleiteten, während durch das andere die Luft einzog.

Wegen der sehr starken Transmission und der Anwendung des Gegenstromprincips erreichte man sehr leicht eine so starke Abkühlung der Abzugsgase, dass man die Hand in dieselben zu halten vermochte. Entsprechend war natürlich die Vorwärmung der Luft und der Effekte des Ofens, die ein energischer Generatorbetrieb durch die Abgabe sehr heisser Gase noch steigerte.

Die complicirte Bauart all dieser Construktionen, die in der Literatur sich vielfach als Recuperatoren bezeichnet finden, hat den allseitigen Gebrauch derselben nicht aufkommen lassen, auch war es umständlich, den Gang der Recuperatoren so zu regeln, dass die daraus hervortretenden Gase noch leistungsfähig genug waren, damit einen Dampfkessel betreiben zu können.

Der theilweise Erfolg dieser anderen Feuerungsanlagen hat auch auf die Bauart der Siemensöfen Einfluss gehabt, welche, namentlich im Glashüttenbetrieb, hinsichtlich der Wärmewiedergewinnung heute nach ganz anderen Grundsätzen gebaut werden als früher.

Eine stärkere Luftvorwärmung und später der vollkommene Ausschluss der Gasvorwärmung bei heissgehendem Generator bezeichnen die Hauptunterscheidungsmerkmale der neuen Constructionen, bei welchen eventuell auch noch der Anschluss einer Kesselfeuerung möglich ist, da nicht alle Gase zur Luftvorwärmung nothwendig sind.

Für den Puddelprocess sind aber von allen angeführten Anlagen nur die Bicheroux- und in zweiter Linie die Boëtiusfeuerungen von Wichtigkeit.

§ 333. Ein Bicherouxofen ist auf den Tafeln V und VI dargestellt und besteht aus Ofen Tafel V und Generator Tafel VI.

Der Ofen unterscheidet sich nicht erheblich von anderen Oefen, die mit gleichen Kohlen befeuert werden und gleich grosse Chargen verarbeiten. Der hier dargestellte ist ein mit halbfetten, kurzflammigen Kohlen betriebener Ofen aus dem Lütticher Bezirk, und es wird darin von zwei Seiten gearbeitet. Der Herd in der Axenrichtung ist nicht besonders lang, dafür aber in der Richtung der Thüraxen ziemlich breit, hat nur Brückenkühlung, während die Thürseiten derselben entbehren. Das Herdfutter aus Schlacken oder Erzen ist an den Brückenseiten ziemlich dick aufgetragen, während es an den Thürseiten schwächer erscheint.

Als Unterlage des Herdes dienen wie gewöhnlich drei ineinander gefalzte Platten, welche auf den Seitenmauern des Ofens fest aufgelagert sind. Der unter dem Herd befindliche Raum wird zur Vorwärmung der Verbrennungsluft für das Gas benutzt und ist zu diesem Behuf mittelst aufrecht stehender Platten in Züge eingetheilt. Die Luft tritt (Grundriss Fig. 5) durch einen hinter der Fuchsbrücke befindlichen, mit Eisen abgedeckten Kanal von beiden Seiten her unter den Ofen, gelangt durch

eine nicht zu grosse Oeffnung (300 × 300 mm) in den ersten Zweig der Züge unter dem Herde, strömt hin und her, dreimal die Eisenplatten umgehend, welche als Zungen wirken, und wird endlich von einem eisernen Kanal aufgenommen, der ein Durchbrechen nach dem Feuerkanal verhüten soll und deshalb nach diesem zu sowie nach oben und unten geschlossen ist. Nur die dem Vorwärmraum zugewandte Seite ist ganz offen. Aus diesem Sammelkanal tritt die nunmehr ziemlich erwärmte Luft zu beiden Seiten in hohe und schmale Längskanäle, welche hier in den Seitenwänden des Ofens liegen, am Feuerkanal vorbeiführen und jenseits desselben an Schiebern vorbei in die Vorkammer gelangen, aus der die Luft durch eine grössere Zahl von Zügen in den Ofen tritt.

Der Generator, eine Feuerungsanlage, die in gewissem Sinn getrennt vom Ofen ist, da seine Feuerbrückenzone sich in beliebiger Weise an den Fuss des mit dem Ofen fest verbundenen Feuerkanals anschliesst, unterscheidet sich von den Feuerungsanlagen der gewöhnlichen Puddelöfen, selbst von denen mit Treppenrosten, durch die bedeutend vergrösserte Feuerfläche.

Während der Ofen Fig. 49, Tafel VII nur etwa $^3/_4$ qm Feuerfläche hat, beträgt dieselbe bei dem Generator Tafel VI über $6^1/_4$ qm, so dass, wenn man auch annimmt, die Herdflächen verhielten sich wie 2 : 3,5, doch ein Verhältniss der Feuerflächen herauskommt wie 1,3 : 6,25, sobald die Herdflächen gleiche sind.

Offenbar hängt dieses Verhältniss zwischen den Feuerflächen der gewöhnlichen Roste und der Feuerfläche der Generatoren von verschiedenen Umständen ab, die nicht klar erkannt sind und durch fortgesetztes Experimentiren am sichersten gefunden werden. Der Gasbildungsprocess in einem hochbeschütteten, mit sparsamer Luftzuführung versehenen Generator besteht aus zweierlei Erscheinungen, der Entgasung durch Destillation und der Vergasung der Destillationsrückstände, Vorgänge, welche je nach der Natur der verwendeten Kohlen eine sehr verschiedene Dauer haben können.

Die Destillationsperiode, bei dem gewöhnlichen Planroste das Abflammen genannt, wird in seiner Dauer sich richten nach dem Reichthum der Kohlen an Kohlenwasserstoffen und nach der relativen Temperatur des Entgasungsvorganges.

Die Vergasungsperiode schwankt in ihrer Dauer ebenso und wird mit der Menge der Rückstände und mit deren Beschaffenheit wechseln, die ihrerseits wieder mit der Leitung der Verbrennung und der Temperaturhöhe zusammenhängen.

Da alle diese Verhältnisse in den zur Verfügung stehenden Kohlen ausserordentlich schwanken, und da man den Gang einer reichlich bemessenen Feuerungsanlage leichter ohne Ueberhastung steigern kann, als es bei einer zu knappen Anlage der Fall ist, so dimensionirt man die Generatoren im Allgemeinen besser zu reichlich als zu eng.

Der einzige Verlust hierbei ist die vergrösserte Wärmeaufnahme durch das Mauerwerk und die gleichfalls vergrösserte Strahlung der etwas gewachsenen Aussenfläche; doch dieser Fehlbetrag wird wohl aufgewogen durch die weit normalere Gasproduktion.

§ 334. Ausser der auf Tafel V und VI dargestellten Bicherouxfeuerung für Puddelöfen sind auf Tafel VIII noch Gasfeuerungen nach dem System Boëtius dargestellt, in der Art eingerichtet und ausgeführt, wie sie zur Zeit an verschiedenen Orten noch funktioniren.

Der Boëtiusgenerator, der Vorläufer des Bicherouxgenerators, ist bereits seit 20 Jahren zu verschiedenen Zwecken in Vorschlag gebracht worden und hat zuerst von allen ähnlichen Einrichtungen der Siemens'schen Feuerung ernste Concurrenz gemacht.

Gruner berichtet selbst darüber in seinem bereits citirten Bericht über den Heaton'schen Process (Paris 1869, S. 83—95, bearbeitet vom Verfasser in der Berg- und Hüttenmännischen Zeitung 1869, S. 452) und sagt, dass der Apparat mehrfache Anwendung gefunden habe, wenn der Siemens'sche Ofen in der Anlage zu kostbar erschien, oder wenn es darauf ankam, Dampfkessel mit der verlorenen Ofenhitze zu betreiben.

Der Generator ist in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Heizraum, und jeder Puddelofen kann z. B. auf diese Feuerung umgebaut werden ohne erheblichen Platzaufwand.

Der Rost misst in horizontaler Ausdehnung etwas über 1,200 m bei dem auf Tafel VIII dargestellten Exemplar, bei einer Breite von 1,020 m, ist also nur unerheblich grösser als die Roste der früher beschriebenen Puddelöfen.

In der Construktion des Rostes ahmt der Boëtiusgenerator den Siemensgenerator nicht nach, aber die allgemeine Form des Rostprofils ist der des Boëtiusofens ziemlich ähnlich. An einen schräg liegenden massiven Steinrost, der mit der Horizontale einen nach der Böschungslinie des Brennstoffes verschiedenen Winkel macht, stösst ein schräg liegender durchbrochener, aus Balken und Stäben bestehender Rost. Damit der Winkel, den die Roststäbe mit der Feuerbrückenfläche machen, kein zu grosser wird, ist die untere Hälfte der letzteren nach dem Feuer zu herausgesetzt, so dass eine gestaffelte Schräge entsteht, welche unmittelbar am Rostende, wo das ganze Feuerbrückenmauerwerk auf einer eisernen Platte ruht, aufhört.

In dem so gebildeten schachtartigen Feuerraum verbrennt das Brennmaterial in sehr dicker Schicht; die obere Grenze derselben, also die Feuerfläche, wird wohl von der Oberkante der mit einem Ziegel zugesetzten Einwurföffnung bis etwa drei Steine über den Beginn des Feuerbrückenvorsprunges sich erstrecken.

Die sich bildenden Gasgemische treten durch eine nur 600 × 1020 mm grosse, genau die Hälfte der horizontalen Rostflächenprojektion betragende Oeffnung nach dem Raum über der Feuerbrücke. Dort werden sie noch mehr zusammengedrückt, denn die mittlere Höhe beträgt nur wenig über 300 mm, und begegnen an dieser Stelle der von oben eintretenden vorgewärmten Verbrennungsluft.

Der übrige Theil des Ofens unterscheidet sich weder in Form noch in Grösse von einem gewöhnlichen Puddelofen, und es kann jede andere der beschriebenen Construktionen sich an den Generator ohne Weiteres anschliessen lassen.

§ 335. Die Vorwärmung der Luft wird dadurch bewirkt, dass unter dem Rost hindurch ein starker Luftstrom sich nach dem Raum unter dem Herd hinzieht und die Herdplatten in gleichmässiger Temperatur erhält.

Unmittelbar hinter der Feuerbrückenmauer befindet sich jederseits des Ofens eine in Fig. 1 erkennbare hohe und schmale Oeffnung, durch welche die Luft in ein Kanalsystem der entsprechenden Seitenwand des Generators tritt. Dieses Kanalsystem kann in verschiedener Weise gebildet sein, indem es mehr oder minder genau der Luft ihren Weg vorzeichnet.

Bei dem Ofen Fig. 1—3 der Tafel VIII sind einfach auf beiden Seiten Doppelwände vorhanden, welche durch querliegende Binder gegenseitig abgesteift sind. Die Luft circulirt frei in dem ganzen, nur durch Reihen abwechselnd angeordneter Ziegelsteine durchbrochenen Raum und gelangt in zwei rechteckige Rohrstutzen am Kopfende des Generators, welche durch Klappen verschlossen werden können. Diese Rohrstutzen, geöffnet, lassen die heisse Luft in einen Raum strömen, der von der Gewölbeaussenfläche einerseits, einer grossen gusseisernen Deckplatte andererseits gebildet und seitlich von den Armaturplatten eingeschlossen wird.

An der Stelle, wo die Deckplatte das Ofengewölbe erreicht, sind in dem letzteren eine Reihe Oeffnungen vorgesehen, durch welche die Luft nach dem Ofen tritt und ungefähr den Anfang des Herdes erreicht.

Eine andere Bauart der Vorwärmung ist aus Fig. 4 erkennbar, wo die unter dem Herd sich sammelnde Luft in einer Vertiefung der Feuerbrücke zwei in den Seitenwänden angeordnete Kanalzüge erreicht, welche in einfach hin- und hergehender, ganz geschlossener Weise nach oben sich ziehen. An Stelle des durch eine Eisendeckplatte abgeschlossenen Sammelraumes der Fig. 1 ist ein gemauerter, mit Zunge versehener, kastenartiger Ueberbau vorhanden, in dessen obersten Theil die Luft aus den Seitenkanälen mündet, um über der Zunge her nach vorn und dann von vorn nach hinten zu strömen und in breitem Zug den Obertheil des Generators zu erreichen. Auch das Profil des letzteren ist etwas anders proportionirt als das zuerst beschriebene, und es unterscheiden sich diese neueren Ausführungen des Boëtius'schen Princips überhaupt ziemlich von den älteren, z. B. dem von Gruner am genannten Ort gegebenen Verhältniss, wo auch die Feuerbrücke Kanäle enthält.

Rücksichtlich des Betriebs des Generators ist nicht viel zu sagen; er wird nicht doppelseitig betrieben wie der Bicheroux-, und viel heisser geführt, als der Siemensgenerator programmmässig geführt werden soll. Die Lufterwärmung dürfte etwas stärker sein als bei dem Bicherouxgenerator, weit geringer natürlich als bei dem Siemensgenerator.

§ 336. Während die eben geschilderten Gasfeuerungen eine universelle Bedeutung haben und in allen Kohlenbezirken anwendbar erscheinen, beansprucht die Verwendung leichterer Brennstoffe, z. B. der Braunkohlen, des rohen oder gedörrten Torfes, endlich des Holzes, andere Anlagen, welche theils einfacher, theils complicirter Art sind und verschiedene Verbreitung erlangt haben, je nachdem die Bedingungen des Betriebes derselben enger oder weiter gesteckt waren.

Die beste Klassification dergleichen Apparate ist die nach der Natur sowie der Stückform und -grösse der Brennstoffe (cf. Dürre, Allgemeine Hüttenkunde, Leipzig 1877) und dann erst nach der Anordnung der Generatoren bezüglich des Heizapparates unterscheidende.

Die ältesten der überhaupt construirten Generatoren, z. B. die Generatoren von Bischoff (Scheerer, Hüttenkunde I, S. 361), dann ein Schachtgenerator mit gebrochener Rostfläche (Dürre, Hüttenkunde, S. 221, Fig. 103), gehören zu den vom Ofen getrennten Generatoren, ebenso ein von A. Pütsch für Holzverbrennung construirter Schachtgenerator (Dürre, S. 222, Fig. 104). Es sind meist ziemlich voluminöse Schachtgeneratoren mit und ohne Rost, je nach dem Aschengehalt der Brennstoffe; der Rost kann fehlen, sobald, wie beim **Stückholz**, die Luft leicht Zutritt hat und die Aschenmenge eine geringe ist. Bei Torf oder bei Waldabfall und Holzklein würde ein Rost nicht zu entbehren sein, um theils den Luftzutritt zu erleichtern, theils die Asche bequemer entfernen zu können.

Diese älteren abgetrennten Generatoren wurden vielfach sehr gross gemacht und sollten mehrere Oefen versorgen; sie haben nicht lange gearbeitet und sind jetzt vollkommen verschwunden.

Dasselbe ist mit den älteren und isolirten Generatoren für Holzklein der Fall, wie sie von Thoma auf sibirischen Werken erbaut und in Betrieb gebracht worden sind. Es waren das zum Theil geblasene Generatoren, die einen Rost und unter dem Rost Windzuführung hatten.

Nur solche Construktionen, welche, wie der Sägemehlgenerator von Lundin, mit Condensations- und Wärmeregenerationsvorrichtungen combinirt waren, haben brauchbare Resultate gegeben und sich unter den eigenthümlichen Verhältnissen bewährt, welche ursprünglich die Construktion bedingt hatte; eine weitere Verbreitung fanden sie ebenfalls nicht, weil Berge von Holzsägemehl nicht überall aufzuarbeiten sind. (Vgl. Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1869, S. 187.)

Dauernde Erfolge hatten nur die an die Oefen direkt angeschlossenen Generatoren aufzuweisen, welche theils ohne, theils mit Gebläse betrieben wurden.

Von ersteren gibt die Skizze Fig. 51 eine der verbreitetsten Formen wieder, doch nur in der ältesten Ausführung, wie sie bereits vor 30 Jahren auf dem grossen Donawetzer Walzwerk für Puddel-

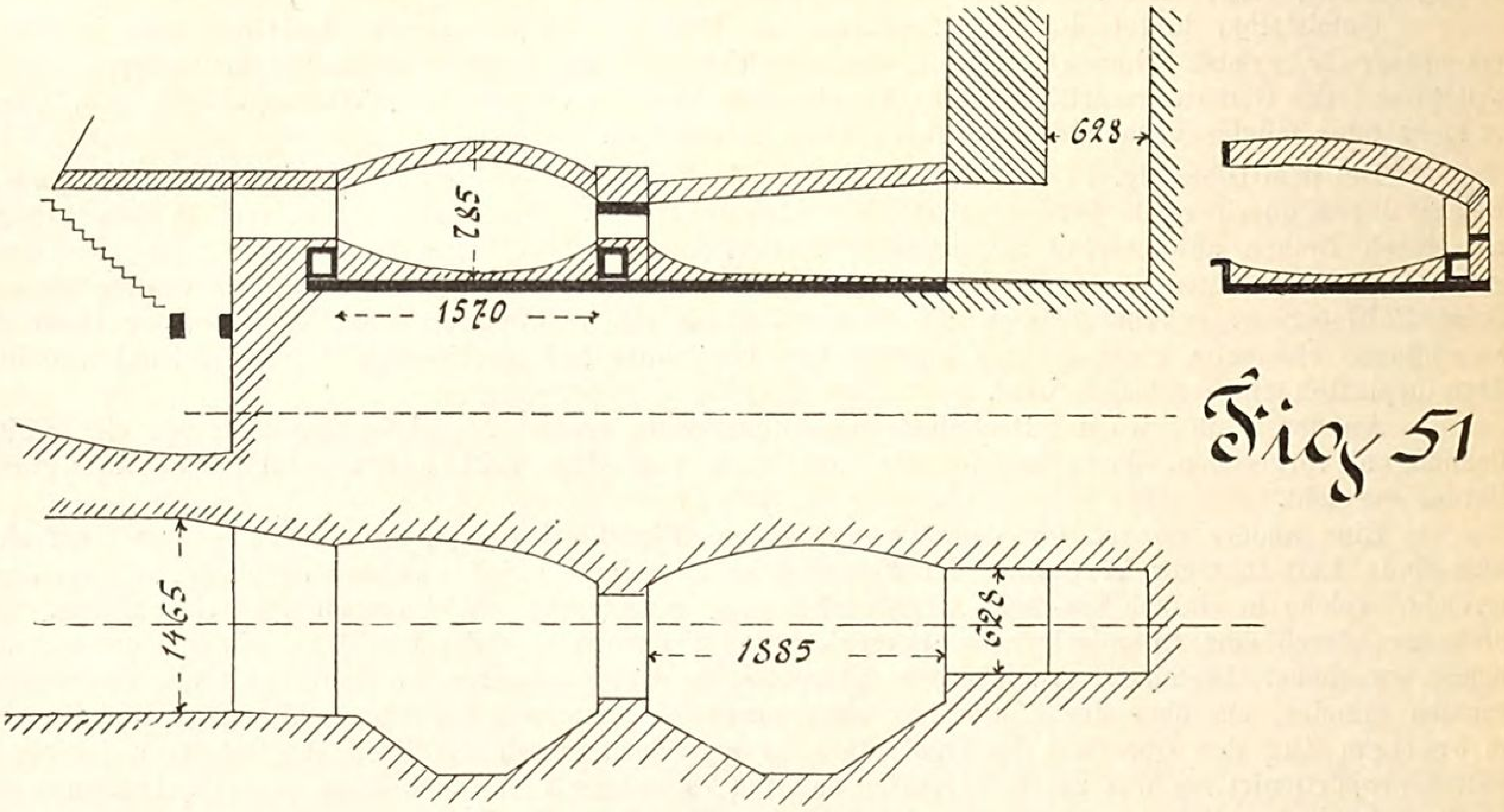


Fig. 51

öfen bestand. Die Feuerungsanlage hat einen sehr grossen Treppenrost, der von einem über dem Ofen sich erhebenden Fülltrog aus betrieben wird und unten an einen nur kleinen Planrost stösst. Das Gas strömt, mit Luft hinreichend versehen und brennend, durch einen Feuerkanal in den Ofen und von da nochmals in einen Vorwärmer, dann in die Esse. Es ist mehr eine hochbeschüttete direkte Feuerung als eine Gasfeuerung, von welcher hier die Rede ist, aber man darf nicht vergessen, dass das Braunkohlengas leichter brennt als das Gas aus schwereren Brennstoffen, dass der Sauerstoffgehalt des Brennstoffes grösser, und dass in Folge dessen der Luftbedarf zur Verbrennung ein anderer ist als bei Steinkohlen.

§ 337. Wo es sich um Verwendung kleinerer Brennstoffe handelt, hat man auch in den genannten Bezirken zu geblasenen Generatoren gegriffen, in ähnlicher Art, wie man sie an dem Eck'schen Feinofen (Tafel III) durchgeführt findet.

Einen solchen Gaspuddelofen für Torfverwendung, wie er lange Zeit zu Freudenberg in Kärnthen in Betrieb war, stellt nach einer Skizze der Leobener Sammlung Fig. 52 dar. Der Puddelofen selbst unterscheidet sich nur dadurch von den bisher beschriebenen, dass er zweithürig ist und grössere Chargen aufnehmen kann. Der Herd wird mit Gebläseluft gekühlt, welche nach Durchlaufen der Wandkanäle zum Betrieb der Winddüsen im Ofen verwendet wird. Der Generator erhält seine Gebläseluft durch zwei besondere Düsen, und diese Gebläseluft scheint im Ofenfuchs vorgewärmt worden zu sein, wo sich ein Hosenrohrpaar aufgestellt findet.

Der Generator ist ein Schachtgenerator ohne Rost, mit zwei einander gegenüberliegenden eisernen Thüren, um die Asche zu entfernen, und mit einer im Rücken angebrachten Aufgebevorrichtung für den Brennstoff versehen.

Um die jedenfalls sehr starke Flamme des Gases gleichmässiger zu gestalten, ist im Feuerkanal eine Kröpfung angebracht, bestehend aus einer Schwelle am Anfang des Kanals und einer von oben

herabhängenden Mauerzunge dahinter, so dass die Flamme gezwungen wird, an letztere anzuschlagen und unter der Mauerzunge durchzuschlüpfen, wieder an die Feuerbrücke zu stossen und später erst mit der Verbrennungsluft zusammenzutreffen und das Vollfeuer zu geben.

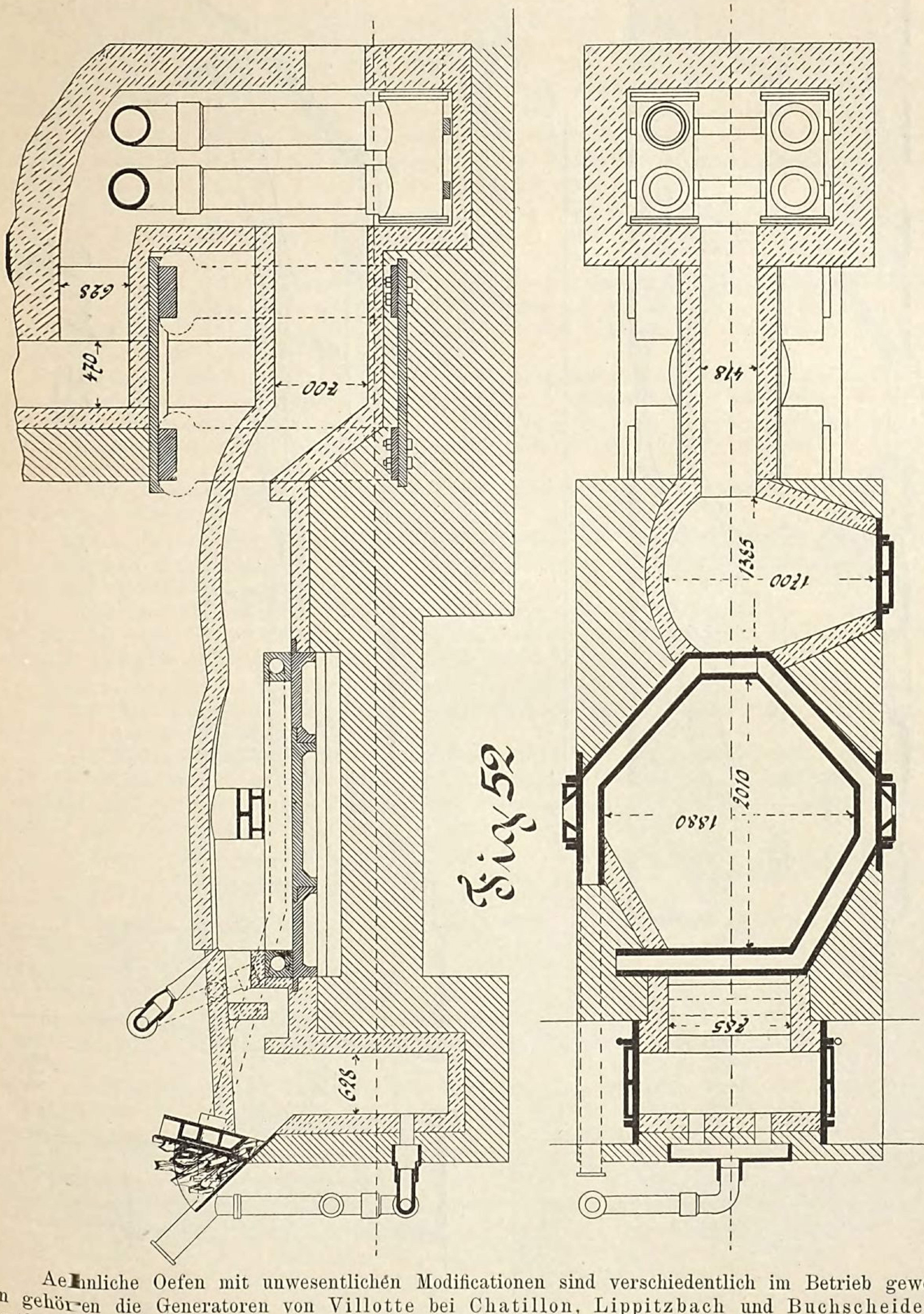


Fig. 52

Aehnliche Oefen mit unwesentlichen Modificationen sind verschiedentlich im Betrieb gewesen; dahin gehören die Generatoren von Villotte bei Chatillon, Lippitzbach und Buchscheiden in Kärnthen, der Schachtofengenerator von Ekman u. A., welche indess mehr oder minder einen Anspruch

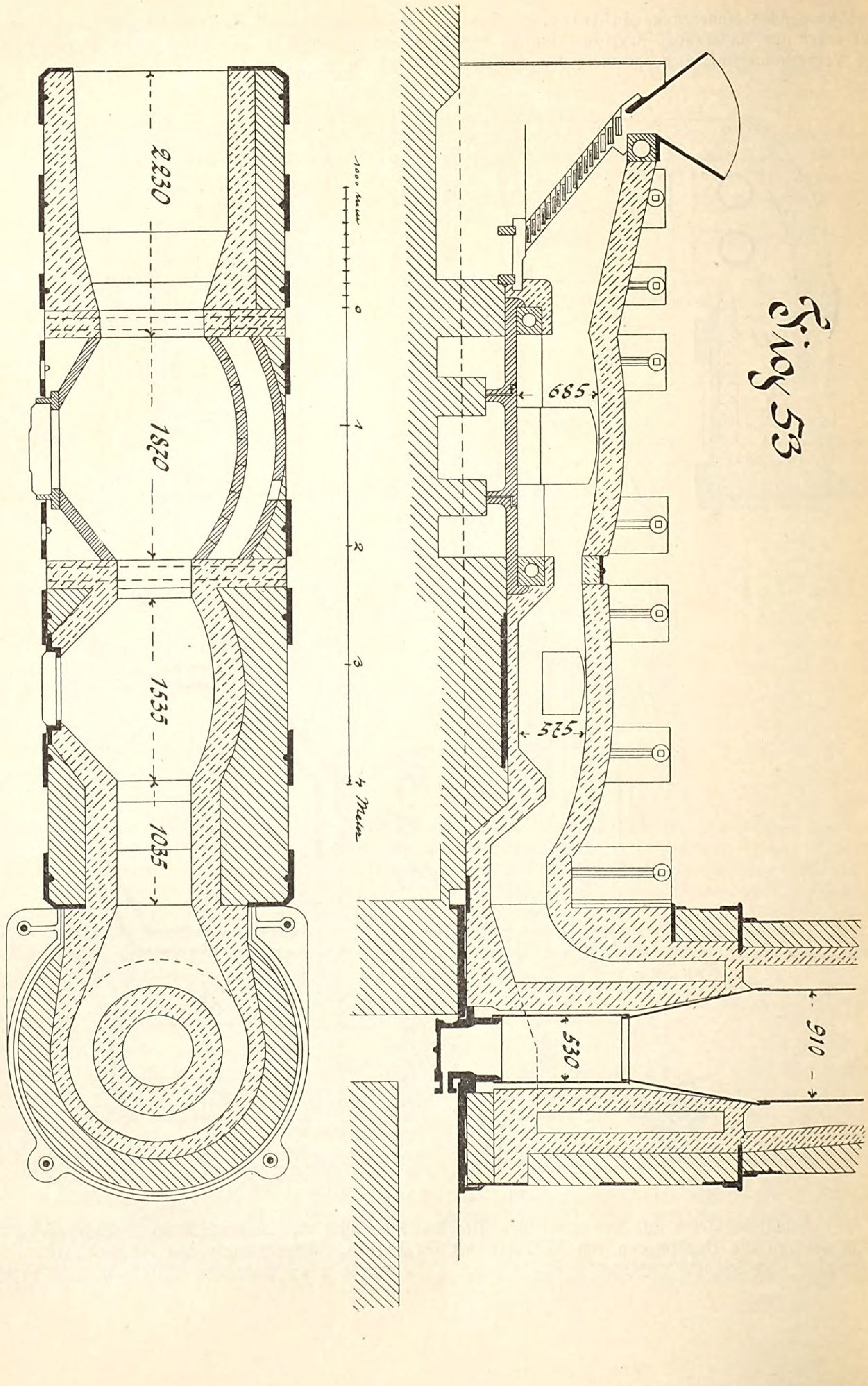


Fig. 53

auf Berücksichtigung nicht haben, da ihre Produkte mit denen der Steinkohlenbezirke nicht zu concurriren vermögen. Es sind vorwiegend vorübergehende Versuche gewesen, den Niedergang der Holzkohlenbezirke aufzuhalten durch Verwerthung leichter Brennstoffe oder bessere Ausnutzung des Brennwerthes.

§ 338. Als allein betriebsfähig können die Puddelöfen mit direkter Braunkohlenfeuerung angesehen werden, wovon Fahlberg in seinem Reisebericht eine gute und in Fig. 53 reproducirte Zeichnung gibt (Jern Kontorets Annaler 1876, III, p. 177). Man ersieht aus der Darstellung, dass die Feuerungsanlage des Ofens allmälig minder voluminös geworden ist, als sie auf der Skizze Fig. 51 erscheint. Der Treppenrost streckt sich mehr in die Länge, ist flacher und stösst an einen kräftigen Planrost, der in eine Höhlung der Feuerbrückenwand hineinragt. Am oberen Ende baut sich der aus Eisenblech construirte Fülltrichter auf und stützt sich wesentlich auf einen Kühlbalken mit runder Bohrung, der als Abschluss des Feuergewölbes hinlänglich stark sein muss.

Die Aschengrube ist ziemlich flach gehalten, das Gewölbe zieht sich von dem Abschlussträger an herunter bis über die Feuerbrücke, von wo an es in eine flache Aufwölbung über dem Herd des Ofens aufsteigt.

Der Herd ist auf Falzplatten aufgebaut, die ihrerseits platt und mit Flanschen auf Mauerstössen ruhen. In der Feuerbrücke wie in der Fuchsbrücke befindet sich ein durchgehender Kühlbalken, während die Rückseite einen besonderen Kühlkanal hat und die rechts und links der Thür befindlichen Konturen in gewöhnlicher Weise angelegt sind.

Aus dem Herdraum gelangt das Feuer durch einen zweiten, noch engeren Feuerkanal nach dem Vorwärmraum, der mit einem Sandherd auf eiserner Sohle versehen ist. Hinter diesem Vorwärmraum tritt die Flamme in den ringförmigen Kanal, der den Fuss des angeschlossenen stehenden Kessels umgibt, dessen Speisevorrichtung unter der Hüttensohle liegt und deutlich erkennbar ist.

§ 339. Gasfeuerungen mit in Regeneratoren erhitzter Luft sind in neuerer Zeit unter Anderem auch von J. v. Ehrenwerth vorgeschlagen worden.

Der Generator dieser Feuerung ist ebenfalls an den Ofen angebaut, die Gase gelangen ziemlich heiss, wenigstens ohne erhebliche Abkühlung, in den Heizraum, während die Luft in Regeneratoren wie bei den eigentlichen Siemensöfen hoch erhitzt wird.

Dieses am 27. September 1878 patentirte Heizsystem hat eine praktische Anwendung nicht gefunden, was wohl daran liegt, dass Auslagen für Neubauten im Puddelbetrieb dem Umsichgreifen der Flusseisen- und Flussstahlprocesse gegenüber kaum empfehlenswerth erscheinen.

Später wandte sich v. Ehrenwerth der Sache nochmals zu und brachte in Stahl und Eisen 1885, S. 339 Zeichnung und Beschreibung eines Puddelofens mit verbessertem Doppeltreppenrostgenerator, welcher Folgendes entlehnt ist.

Der Generator hat in der Mitte seiner oberen Fläche eine oblonge Aufgabeöffnung, durch welche der Brennstoff herabstürzt und auf einer dachförmig gebrochenen Fläche getheilt und nach zwei Seiten hin gelenkt wird, um jederseits direkt auf entgegengesetzt geneigte Treppenroste zu fallen, welche unten wiederum nahe zusammenstossen und nur eine schmale Fläche zwischen sich lassen.

Die sich entwickelnden Gase treten unter dem dachartigen Theiler der Brennstoffsäule durch ein mit Klappe versehenes Rohr in eine Verbrennungskammer an dem Puddelofen, wo rechts und links ein Strom vorgewärmter Luft sich mit dem Gasstrom vereinigt.

Unmittelbar darauf betritt das brennende Gemisch die Feuerbrücke und strömt in den Arbeitsraum des Ofens, dann in einen Vorwärmraum, wie ihn die Abbildungen steyrischer Puddelöfen immer zeigen, endlich durch den Fuchs nach einem Wechselhahn oder einem gekammerten Glockenventil. Dasselbe steuert den heissen Gasstrom durch einen von zwei Regeneratoren, aus dem jener durch einen anderen Wechselhahn einen unter dem Generator liegenden Kanal erreicht und unter etwaiger nochmaliger Luftzuführung in die angehängte Kesselanlage gelangt, um hier die letzte verfügbare Wärme abzugeben.

Die Verbrennungsluft wird unter dem Puddelofenherd angesaugt, durch den zuletzt erwähnten Wechselhahn in den anderen Regenerator geführt und dort erhitzt, indem sie denselben in umgekehrtem Sinn wie die Gase passirt. Sie erreicht den heissen Wechselhahn und tritt durch denselben nach einem tief liegenden, unter dem Ofen zurückführenden Kanal, welcher unter dem Essenkanal sich befindet, spaltet sich, unter der Feuerbrückenzone angelangt, in zwei Ströme, welche senkrecht nach der Verbrennungsmauer emporstreichen und dort, wie oben angedeutet, mit dem Gasstrom zusammentreffen.

Die Construktion ist etwas complicirt und dürfte sich den Betriebsanforderungen gegenüber ähnlich verhalten wie die eigentlichen Siemensgeneratoren, welche zu wenig gefügig sind, um die Betriebswechsel mit der erforderlichen Leichtigkeit durchzumachen. Indessen kommt es doch schliesslich auf den längeren praktischen Versuch an, um endgültig über Brauchbarkeit oder das Gegentheil zu entscheiden. (S. auch Oesterreichische Zeitschrift XXXIII, 1885.)

§ 340. Eine werthvolle Bereicherung der Puddelofenconstruktionen boten die mechanischen Puddler und die beweglichen Puddelöfen, welche indessen heute nur noch historisches Interesse haben, weshalb auch die Einzelheiten des Baues weniger wichtig sind als die Betriebsergebnisse.

Nachdem schon ziemlich früh an einen Ersatz der Handarbeit beim Puddeln durch billigere mechanische Mittel gedacht worden war, gelang es erst Anfang der 70er Jahre, der ganzen Sache eine gewisse Bewegung zu geben, welche auch Erfolge aufwies, aber schliesslich aus verschiedenen Gründen aufhörte.

Man unterscheidet bei der Betrachtung des Geschehenen hauptsächlich zwei Richtungen:

1. Erfindung und Ausbildung eines Werkzeugmechanismus, welcher, die Armbewegung des Puddlers nachahmend, die Geräthe des Puddlers führen sollte;
2. Einrichtung und Vervollkommnung eines Ofenherdes, durch dessen Bewegung ein darauf befindliches Metallbad dem erneuerten Luftzutritt ausgesetzt wurde.

In beiden Fällen hatte man vor Allem beabsichtigt, den schwersten Theil der Puddlerarbeit durch die maschinelle Hülfe verrichten zu lassen, um im humanitären Interesse die Arbeit zu vervollkommnen; leider zeigte sich aber in der Praxis der erfundenen Apparate, dass nur der leichtere Theil der ganzen Arbeit maschinell zu betreiben war, wenn man nicht zu einem ganz anderen Maassstab der Produktion gelangen und nicht alle Nebenvorrichtungen des seitherigen Betriebes vollkommen ändern und vergrössern wollte.

Sobald aber eine Combination von Hand- und Maschinenarbeit eintreten musste, entstand oftmals und vorwiegend eine höhere Selbstkostensumme als bei der alten Arbeit, und man war gezwungen, die Einsätze grösser zu nehmen und die Produktion zu steigern, um zu besseren Verhältnissen zu gelangen.

Dadurch wurden die Erfinder von mechanischen Puddelöfen schliesslich dahin geführt, ihren Apparaten noch andere Eigenschaften zuzuschreiben, die eigentlich nicht mit dem Princip des Ersatzes der Maschinenarbeit durch die Handarbeit zusammenhingen, sondern mit Nebendingen, welche ebensogut in gewöhnlichen Puddelöfen wirksam werden können.

Es betraf dies hauptsächlich die angeblich stark vortretende entphosphorende Wirkung der mit Erzgemischen oder Schlacken gefütterten, beweglichen Puddelöfen, eine Wirkung, welche allerdings sehr häufig constatirt werden konnte, ohne dass man den höheren Grad derselben in der Beweglichkeit des Ofens etc. hätte suchen können.

§ 341. Die Werkzeugverbindungen, welche die Handarbeit ersetzen, bezw. erleichtern sollten, die mechanischen Puddler, bestanden meist in der Verbindung von pendelartig hin und her geführten Hängestangen und von darin eingehängten Puddelwerkzeugen, welch letztere gewechselt werden mussten, da sie, wie bei dem Handbetrieb, in kurzer Zeit glühend und biegsam wurden.

Die Einrichtung wurde gewöhnlich doppelseitig ausgeführt, in der Weise, dass von einer über dem Puddelofen sich befindenden verticalen Welle aus die Zugstangen mit Kurbeln bewegt wurden und deren anderes Ende die in einem Gerüst über dem Ofen aufgehängten Hängestangen in hinlänglicher Höhe fassten, um die Arbeiter nicht zu hindern. Die Hängestangen waren oftmals verschiebbar, um denselben eine andere Lage zum Ofen zu geben und die eingehängten Krücken auf alle Stellen des Herdes gelangen zu lassen.

Der Arbeiter hat nichts weiter zu thun, als die Krücken zu wechseln und die Hängestangen zu verschieben, so dass mehrere Oefen von einem Arbeiter bedient werden.

Der Mangel dieser und ähnlicher Verbindungen (mechanische Puddler von Dumény & Lemut, von Griffith u. A.) ist nur die absolute Unmöglichkeit, den eigentlich anstrengenden Theil der ganzen Arbeit zu verrichten, und die Beschränkung auf das Rühren.

Eine grössere Arbeit als das Durchtheilen des eingeschmolzenen Roheisensatzes kann man in der That einer solchen Verbindung von bewegten Theilen nicht zumuthen.

Abgesehen hiervon ist aber das Luppenmachen ebenso wie das vorhergehende Durchsetzen eine Operation, welche in den Oefen gewöhnlicher Construktion grosse Aufmerksamkeit verlangt, bei jeder Charge eine andere Wendung nimmt und auf mechanisch einfache Weise kaum zu erledigen ist.

Trotz dieser Beschränkung der Wirksamkeit oder Wirkungsfähigkeit haben die mechanischen Puddler eine gewisse Ersparniss an Arbeitszeit und an Löhnen in allen Fällen ergeben, wo ein rohgehendes Eisen, z. B. graues Puddeleisen oder Weissstrahl, verpuddelt werden musste, und wo besonders die erste Periode, das Rühren, längere Zeit in Anspruch nahm.

Bei dem Verpuddeln grauen Roheisens zu Drahtrohmaterial, bei dem Stahlpuddeln aus weissem hochgekohlten Roheisen sind noch vor 10 Jahren mechanische Hülfsmittel benutzt worden.

Dieselben hatten aber das Princip der Nachahmung der bisherigen Krückenbewegung verlassen, und andere Bewegungsgrundsätze waren bei ihrer Ausführung zu Grunde gelegt worden.

§ 342. So bediente sich Dormoy eines rotirenden Quirls, bestehend aus einer hohlen Stange, die an einem Ende eine gezahnte Scheibe trug, welche die Krone des Quirls vorstellte, während

in der Nähe des anderen Endes eine kleine Riemenrolle mit hohen Rändern auf die Stange aufgezogen war.

Von einer über dem Ofen hinlaufenden Transmission aus schlang sich ein Riemen um die Rolle des in dem Puddelofenherdbad eingetauchten Quirls und versetzte ihn in lebhafte Drehung.

Die Riemenverbindung gestattete auf das Einfachste jede Veränderung in der Lage des Geräthes, welches an jede Stelle des Herdes gelegt und in Bewegung bleiben konnte.

Trotzdem bei diesem ziemlich stark construirten Instrument die Wirkung heftiger war als bei den Puddelmaschinen, so erstreckte sie sich dennoch nicht ausserhalb der Rühr- und Kochsphäre und war für das spätere Durcharbeiten von ebenso geringer Bedeutung wie diese.

Complicirter war der Brooman'sche mechanische Puddler, welcher aus drei Werkzeugen bestand, zwei durch die Thüren (des Doppelofens) eingeführten, sich in Handgriffen drehenden Geräthen und einem dritten keulenförmigen Instrument, welches senkrecht stand und um eine feststehende Axe rotirte, indem es möglichst direkt mit dem Motor verbunden war.

§ 343. Der letzte und an sich nicht bedeutungslose Schritt in dieser Sphäre war die Erfindung des Rührers von Espinasse, welcher 1876 auf den Verdiè'schen Werken zu Firminy im Gang war.

Derselbe bestand in einem am Unterende einer verticalen Axe rotirenden Breiteisen (Rohschienenstück), welches durch einen Schlitz im Gewölbe des Flammofens eingelassen und wieder herausgehoben werden konnte.

Das Breiteisen steckte hochkantig in einem Spalt der massiven Welle und löste sich zum Theil während des Rührens auf, weswegen das Material des „Rührscheites" dem Produkt der Charge entsprechen musste.

Die mittlere Dauer des Rührens bei einer Charge von 350 Kilo war für Eisen 9—10, für Stahl 10—12 Minuten, und es betrug die Haltbarkeit des Scheites bei der Eisenfabrikation 8 Tage, bei der Stahlfabrikation 10—12 Tage.

Die Betriebskraft wurde von Espinasse selbst auf 1 Pferdestärke pro Ofen angegeben, während die ungefähren Installationskosten (einschliesslich Transmission und Motor) 2000 Francs oder 1600 Mark betragen haben sollten.

Die durch Abkürzung der Zeitdauer des Rührens hervorgerufene Ersparniss an Brennstoff betrug

für Axenmaterial 22—25/00,
für Stahl (zweimal gewärmt) . . 28—30/00.

Die Produktionsvermehrung betrug aus gleichen Gründen

für Axenmaterial 60/00,
für Stahl 40—50/00.

Wie immer, wurde die Qualität des Produktes als eine gegen frühere Produkte bessere bezeichnet.

Im Jahre 1876 arbeiteten in Firminy neun Puddelöfen mit dem Espinasse'schen Rührer; Creusot hatte angeblich unterhandelt, wie auch noch andere Puddelstahlwerke. (Dürre, Reisebericht über die neueren Fortschritte Frankreichs in der Eisenindustrie, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1876, S. 650.)

§ 344. Die Idee, den Ofen selbst oder den Herdtheil desselben beweglich zu machen, ist mehrmals aufgetaucht, ehe ein dauernder Erfolg sich zeigte. Wie bei manchem Problem, knüpfte sich der Erfolg an einen scheinbar nebensächlichen Umstand, die Beschaffenheit des Ausfütterungsmaterials, das anfänglich der Bewegung nicht widerstehen zu können schien.

Der älteste derartige Apparat war der Puddeltopf von Oestlund (Jernkontorets Annaler 1859; Oesterreichisches Jahrbuch IX, S. 162), welcher sich zwar nicht bewährte, aber den Ausgangspunkt anderer Construktionen bildete und an sich mehrere interessante Züge vereinigte.

Zunächst ist zu bemerken, dass derselbe mit Generatorgas gefeuert wird, welches Gas natürlich auch aus Holz und Torf herstellbar gewesen und wodurch die Unabhängigkeit des Verfahrens von dem Vorkommen von Steinkohlen gesichert worden wäre.

Ein eiförmig gestaltetes Gefäss bildete den Puddelherd und war mit der Spitze nach dem Boden zu auf einer Axe befestigt, welche in geneigter Lage rotiren konnte und mittelst einer Combination von Winkelrädern in Bewegung versetzt wurde; dasselbe war mit Chamottemasse oder auch mit verkrusteten Frischschlacken bekleidet.

Die Axe rotirte gewöhnlich in der genannten Lage, so dass der Topf nach oben ragte; man konnte aber durch einen an der Axe befestigten gezahnten Gradbogen der Axe auch die umgekehrte Lage geben, so dass der Topf mit der Mündung sich abwärts und dem Boden zuneigte.

Geheizt wurde der Apparat mittelst eines Brenners, aus zwei concentrischen Röhren bestehend und beweglich gemacht, in dessen innerem Rohr ein durch einen Winderhitzer vorgewärmter Windstrom sich bewegte, welcher das concentrisch darauf aus dem ringförmigen Zwischenraum beider Rohre heraus-

strömende Gas zur vollen Verbrennung bringen sollte. Es entstand so eine Art grosser Löthrohrflamme, die wagerecht in die Höhlung des Topfes geblasen wurde, so dass sie immer den oben befindlichen Theil der Wandung bestrich und erhitzte. Ein an der Mündung des Brenners angebrachter plattenförmiger Schirm von nahezu gleichem Durchmesser wie die lichte Mündung des Topfes verhinderte das allzurasche Austreten des Gasfeuers und schützte gleichzeitig den Brenner selbst vor dem zu starken Angriff durch die strahlende Hitze.

Nachdem der Topf vollständig glühend gemacht worden war, wurde in denselben geschmolzenes Roheisen gegossen, etliche Schaufeln Gaarschlacke zugesetzt und unter langsamem Drehen und steter Weitererhitzung eingerührt. Die Masse wurde sofort breiartig und begann 5 Minuten nach erfolgtem Einsatz aufzukochen, welche Erscheinung etwa 10 Minuten anhielt. Während des Kochens musste mit der Brechstange nachgeholfen werden, damit keine Ansätze an den Wänden blieben, und sorgte man während dieser ganzen Zeit für möglichst flüssigen Zustand des Eisens durch gut geregeltes Feuer. Das Bad durfte beim Drehen nicht an den Wänden heraufgehen, sondern musste mit wagerechter Oberfläche in dem Gefäss ganz ruhig stehen bleiben.

Wurde das Eisen plötzlich etwas steif, so hatte man nur die Temperatur zu steigern, um dasselbe wieder in Fluss zu bringen. Später theilte man mit Brechstange und Kratze den Inhalt (50 bis 70 Kilo) in zwei Luppen und senkte den Topf, um dieselben zum Herausrollen zu bringen.

Der Process nahm im Ganzen 30 Minuten in Anspruch, und es betrug das Maximum der Umdrehungen 60 pro Minute.

§ 345. Diese Topfconstruktion wurde in neuester Zeit wieder aufgegriffen durch Howson & Godfrey, die bekannten Clevelander Civilingenieure, welche angesichts der Unmöglichkeit, mit dem damals schon Jahre lang betriebenen Danksofen kleine, den Verhältnissen vorhandener Hämmer und Walzwerke entsprechende Luppen zu erzielen, einen Ofen construirten und auch auf den Erimuswerken in zeitweiligen Betrieb brachten, welcher nur immer eine Luppe pro Charge geben sollte (Dürre in Dingler's Journal, Band 228).

Der Topf oder Kessel, ein aus Eisenblech und -guss solid gebautes Gefäss, hatte innen wie aussen die Form eines beiderseits gestutzten Doppelkegels; zwei Kegelstümpfe, ein niedriger und ein höherer, stiessen mit ihren Basen zusammen, so dass der höhere Kegel der nach der Mündung zu liegende Theil war, während der scheinbar breitere, doch lediglich niederere Kegel den Bodentheil bildete.

Die ziemlich kurze, aber starke Axe des Gefässes lag in einem breiten und starken Lagerstück, welches mit zwei starken Zapfen in festen Ständern sich drehen konnte, um der Axe jede Neigung geben zu können. Ein auf einer Bodenplatte der Gefässaxe angeschraubtes, flach konisches Getriebe vermittelte die Bewegung und arbeitete mit einem anderen Getriebe zusammen, dessen Axe mit der Drehungsaxe des Lagerstückes geometrisch zusammenfiel, bei jeder Neigung der Axe also zu arbeiten vermochte. Die Einstellung des ganzen Apparates wurde mit einem Schneckenrade und von Hand bewirkt, wobei zu bemerken ist, dass die Betriebslage eine steilere war als bei dem Oestlund'schen Topf.

Die Heizung erfolgte durch Steinkohlengas, welches in einem eigenthümlichen Schachtgenerator (von Brook und Wilson) mit Hülfe von Körting'schen Gebläsen aus Steinkohlen dargestellt wurde. Der Brenner war ebenfalls ein doppelwandiges Rohr, welches im Inneren Luft, im concentrischen ringförmigen Raum Gas führte. Die Luft, von einem Ventilator geblasen, passirte zunächst einen kleinen Apparat westfälischer Bauart (Wasseralfinger oder Langen), in welchem sie vorgewärmt wurde.

Von den Vorrichtungen im Oestlund'schen Topf unterschieden sich die hier beschriebenen namentlich durch die stärkere Dimensionirung. Die Gasflamme, wie sie hier sich bilden konnte, erfüllte den ganzen Herd, auch ohne dass ein Schirm an dem Brenner das Feuer zusammengehalten hätte.

Die in dem Generator erhaltenen Cokes wurden zum Einschmelzen des Eisens, was wie bei Oestlund und den meisten mechanischen Puddlern besonders geschah, verwendet und verminderten die Kosten des Verfahrens erheblich.

Trotzdem vermochte sich die Erfindung nicht zu behaupten und verschwand vollständig vor dem Thomasprocess, denn auch Howson und Godfrey hatten bei der Besprechung ihres Ofens eine besondere Betonung auf die reinigende, d. h. entphosphorende Wirkung legen müssen, um mit Danks und anderen mechanischen Puddelöfen concurriren zu können.

§ 346. Zur historischen Folge zurückkehrend, begegnet man als nächstältesten der mechanischen Puddelöfen nach dem Oestlund'schen Topf den Oefen von A. Bessemer und von Menelaus, welche bleibende Erfolge nicht gehabt haben.

Mit ihnen tritt zuerst das Construktionsprincip des cylindrischen, um eine horizontale Axe sich wälzenden Herdtheils, zwischen fester Feuerung und fester Esse eingeschaltet, in die Erscheinung.

Der Ofen von A. Bessemer, 1859 erfunden, kann als das Vorbild aller übrigen Cylinder- oder Walzenöfen angesehen werden. Der bewegliche Theil, ein eiserner Cylinder, aussen mit Gleitringen

und einem gezahnten Reif versehen, sollte mit feuerfesten Steinen ausgekleidet und durch eine Schnecke bewegt werden. Er lag in einem Fahrgestell oder Wagen und konnte rechtwinkelig zu seiner Axe zwischen Esse und Feuerung aus- und eingefahren werden, ohne dass der letzteren Lage in Mitleidenschaft gezogen worden wäre. Auch die Feuerung war übrigens beweglich gemacht worden, während die Esse feststand. In der Axe des Ganzen lag unter der Esse eine Arbeitsöffnung, um eine Krücke etc. einbringen zu können (Wedding, Schmiedbares Eisen, S. 298).

Während dieser Ofen nicht ausgeführt worden ist, hat dagegen der sechs Jahre später construirte Ofen von Menelaus ein allerdings erfolgloses, doch insofern nicht ganz unfruchtbares Versuchsstadium durchmachen müssen, als dasselbe die Unmöglichkeit klar darthat, dünne Ofenfutter haltbar herzustellen.

Die Construktion wich von der Bessemer's insofern ab, als die Axe des Herdcylinderraumes nicht mit der horizontalen Bewegungsaxe zusammenfiel, sondern dieselbe unter einem allerdings kleinen Winkel schnitt. Dadurch wurde das eingesetzte Eisen bei der Rotation in eine lebhaftere Bewegung versetzt, als wenn der Ofen einfach cylindrisch gewesen wäre.

Der Cylinder lag auf einem Fahrgestell zwischen der ebenfalls fahrbaren Feuerung und der festen Essenanlage. Das Futter war nicht concentrisch, sondern eben nach der divergirenden Axe gebildet, wodurch das Hin- und Herwogen des Metallbades kam.

Als Futtermaterialien benutzte man nacheinander, doch ohne bleibenden Erfolg: feuerfesten Thon, bezw. Chamotte, dann das als Ganister bekannte quarzreiche Material, später ein Gemenge von gerösteter Puddelschlacke und Rotheisenstein, ferner ein solches von Graphit und Thon, schliesslich Graphit und Steinkohlentheer.

Bereits 1865 machte Gurlt den Vorschlag, das Futter lediglich aus Puddelschlacken herzustellen, und gab dazu den folgenden Weg an. Ein gusseisernes, in der Wand nicht zu starkes Gussstück sollte gewissermaassen den Innenraum des rotirenden Ofens bilden und in den Drehherd, welcher zu diesem Behuf in eine Dammgrube gestellt werden sollte, concentrisch eingestellt werden, nachdem die Aussenseite durch Rosten oder durch Brennen mit einer Schicht Oxyd überzogen worden war. Zwischen dieses Hohlstück und der mit Rippen zu versehenden Armatur des Drehherdes sollte nach gehöriger Anwärmung des ersteren in einem Cupolofen umgeschmolzene Puddelschlacke gegossen werden, um nach dem Erkalten ein compaktes Futter zu bilden.

Ob dieses Futter nicht zerrissen wäre, da es um den unnachgiebigen eisernen Kern erstarren musste, ist nicht erwiesen, wäre aber immerhin zu befürchten gewesen. Ein Kern aus Eisenerzmasse, der sich nachher wie der Lehmkern eines Hohlgusses hätte entfernen lassen, würde unzweifelhaft besser gewesen sein. Trotzdem kann man Gurlt's Vorschlag als einen durchaus richtigen ansehen, welcher auf den einzig möglichen Weg gewiesen, das Futter haltbar herzustellen.

§ 347. Nach mehrjährigen Versuchen trat 1871 mit einem brauchbaren rotirenden Puddelofen der Amerikaner Samuel Danks hervor und brachte auf einem amerikanischen Walzwerke mehrere Exemplare des Ofens in so günstigen Betrieb, dass das neubegründete Iron and Steel Institute das Studium des Ofens durch eine besonders ausgerüstete Commission beschloss und eine Reihe englischer Roheisensorten und Ofenfuttermaterialien nach Amerika sandte, um sie daselbst praktisch probiren, d. h. versuchen zu lassen.

Das Resultat dieser Untersuchungen veranlasste die Erbauung mehrerer Danksöfen in England und schliesslich die Inbetriebsetzung ganzer Anlagen, namentlich in der Gegend von Middlesbrough, wo nicht allein die Firma Hopkins, Gilkes & Co. (Tees Iron works) sich mit der neuen Methode eingehend befasste, sondern besondere Gesellschaften die neuen Werke Erimus und Carlton gründeten. Ausserdem waren auch andere englische Bezirke in den Kreis der Versuchsveranstalter getreten. Die Resultate waren nicht gleich die erhofften, und noch 1874 z. B. standen die sämmtlichen Anlagen nach kurzem Betriebe kalt.

Inzwischen hatten alle anderen europäischen Bezirke den Danksofen zum Gegenstand besonderer Studien gemacht, und die desfalls erstatteten Berichte enthalten zum Theil viel werthvolleres und gesichteteres Material als die englischen Mittheilungen. Besonders wandten Belgien und Frankreich dem neuen Puddelofen gesteigerte Aufmerksamkeit zu und studirten das Verfahren auf das Sorgfältigste.

Aus diesen Studien erstanden schliesslich auch Concurrenzapparate verschiedener Art, welche übrigens auch ohnedem in England und Amerika sofort beim Bekanntwerden der neuen Construktion in Masse auftauchten, aber ein nur ephemeres Dasein führten.

§ 348. Der Danksofen, wie ihn die zeitgenössischen Publicationen sowie auch die der Lehrbücher (Wedding, Schmiedbares Eisen, S. 300) darstellten, unterscheidet sich von den älteren rotirenden Puddlern durch eine grosse Weite des eisernen Mantels, in dem das Futter eingeschmolzen wurde (ca. 1,5 m). Dieser Mantel ist der Axenrichtung nach aus drei Stücken zusammengesetzt, von denen die äusseren, das vordere und das hintere wesentlich konisch geformt sind und nur mit einem cylindrischen Lappen das mittlere, durchaus cylindrische Stück umschliessen. Diese muffenartigen Lappen bilden

auch die Bahn für die Bewegung des Ofens, indem diese Cylinderflächen auf den Gleitrollen sich abwälzen. Die sämmtlichen drei Theile sind auf der Innenseite mit vorspringenden Rippen und Winkeleisen besetzt und den Abschluss der beiden Oeffnungen nach Fuchs und Feuerung zu bilden gusseiserne Kränze.

Die Feuerungsanlage ist ein gewöhnlicher Planrost von ca. 700 mm Breite und 900 mm Länge, welche indessen mit Unterwind betrieben wurde, um das Eintreten kalter Luft durch die Fugen der Construktion möglichst zu verhindern. Die Feuerbrücke wird durch ein wassergekühltes Eisen gehalten, während eine solche Schutzvorrichtung bei dem Fuchse nicht vorhanden ist. Der letztere ist vielmehr ziemlich leicht construirt und kann um die Esse, nach welcher er führt, rotirend weggedreht werden, um solcher Art die zum Beladen und Entladen allein zu benutzende Fuchsöffnung des rotirenden Theils frei zu machen.

Die Bewegung geschieht mittelst eines Zahnkranzes, welcher auf dem Mitteltheile zwischen den beiden Bahnen aufgezogen ist, und auf welchen ein kleines Getriebe eingreift, das von einer kleinen, direkt wirkenden Dampfmaschine bewegt wird, die der Puddler wo möglich selber bedient.

Einige Zeit lang arbeitete man bei dem Danksofen auch mit Oberwind, d. h. man blies über dem Feuer durch eine Reihe kleiner Düsen Luft ein und erzielte jedenfalls eine vollkommene Verbrennung.

§ 349. Der Einbau des Futters erfolgte meist in folgender Weise. Man bildete aus gepulvertem wasser- und kieselsäurefreiem Erz und möglichst kohlensäurefreier Kalkmilch einen Mörtel, welchen man in der Trommel so dick auftrug, dass die Innenflächen der Rippen mindestens zollhoch (25 mm) davon bedeckt waren; zu bemerken ist hierzu, dass dieses Auftragen in drei Abtheilungen stattfindet und gehörig trocknen muss.

Als Material empfiehlt sich vorzüglich das Purpleore, da es bereits in pulverigem Zustand zu haben und ausserdem sehr rein und strengflüssig ist. In England hat man auch gerösteten Thoneisenstein verwendet, und es liegt auf der Hand, dass jedes Erz gut ist, wenn es weder Kohlensäure enthält und in der Hitze entbindet, noch durch Kieselsäuregehalt zur Verschlackung Veranlassung gibt. Das Kalklöschen findet, wenn möglich, bei Luftabschluss statt (Wedding, a. a. O., S. 303), erscheint in diesem Modus aber umständlich und dadurch theuer.

Der äussere Hohlraum der Feuerbrücke (in dem wassergekühlten Kasten) sowie der Boden des Fuchses werden in ähnlicher Weise gefüttert, und es werden sämmtliche derartig aufgetragene Ueberzüge 4—5 Stunden lang bei Feuerung ohne Wind scharf getrocknet.

Da dieser Ueberzug von in Kalk gebundenem Erz nicht hinlänglich leichtflüssig sein dürfte, um eine klebrige Oberfläche zu geben, so stellt man letztere durch Eintragen und Aufschmelzen von Hammerschlag her, welcher bei lebhaftem Feuer auch in die Grundmasse einzieht und eine gute Vermittelung zwischen dieser und dem eigentlich wirksamen Futter bildet.

Dasselbe kann nach den vielseitigen Versuchen, welche überall angestellt worden sind, aus einer Menge von eisenreichen Materialien und Erzen hergestellt werden, sobald dieselben nur nicht zu leichtflüssig und verschlackbar und andererseits zu wenig widerstandsfähig gegen das Feuer sind.

Alle kieseligen Erze, auch die Spatheisensteine, ferner alle unreinen Erze ergaben schlechte Resultate; da bei dem Aufschmelzen des Feuers auch Brocken von Erzen zur Anwendung kommen, ist eine gewisse Haltbarkeit des Erzes im Feuer weitere Bedingung.

Die Materialien werden bei stillstehendem Ofen eingebracht und geschmolzen, dann durch eingeworfene grössere Stücke angesteift und abgekühlt, so dass eine rauhe Oberfläche entsteht. Nun dreht man den Ofen etwas weiter und wiederholt dasselbe Manöver, so dass schliesslich eine mehr prismatische als runde Gestalt für die Innenfläche des Ofens sich bildet.

Ausser reinen gerösteten Thoneisensteinen und Schlacken haben sich als Futtererze hauptsächlich das Sommorostroerz und der ähnliche Rotheisenstein vom Iron Mountain in Amerika brauchbar und geeignet gezeigt. Auch bei den Versuchen mit dem Siemens'schen Rotator hatte sich das Sommorostroerz als das beste gezeigt. Titaneisen hat sich nicht bewährt, einmal seines pulverigen Zustandes wegen, dann aber wegen des Einflusses der Titansäure auf die Beschaffenheit der Schlacke, deren Strengflüssigkeit dadurch gestiegen sein soll.

Später wurde fast nur umgeschmolzene Puddelschlacke, Schweissschlacke, Hammer- und Walzsinter verwendet, welche in Blöcke gegossen und erstarrt waren; man zerschlug sie und wandte die Brocken in Faust- bis Kopfgrösse an.

§ 350. Obwohl Danks anfänglich das Roheisen in seinem Drehofen selbst zu schmelzen die Absicht und auch in dieser Weise begonnen hatte zu arbeiten, so erwies sich der rotirende Herd doch sehr bald als ein schlechter Apparat und veranlasste einen zu starken Kohlenverbrauch. Man zog in Folge dessen vor, bei Wiederaufnahme des Betriebes in den meisten Dankswerken die Schmelzung des Eisens in Cupolöfen zu bewirken und das Eisen mittelst einer transportablen Pfanne nach dem Puddelofen zu schaffen. Die hierfür verwendeten Cupolofensysteme sind wohl ziemlich gleichwerthig gewesen;

am meisten hat der Swain'sche Cupolofen von sich reden gemacht, ein mit Einschnürung versehener schlanker Schacht mit zwei Düsen am Boden, welcher mit einem Eisenkasten in der Art der Krigaröfen combinirt war (cf. Wedding, Schmiedbares Eisen, S. 312 u. 313).

Dieser Eisenkasten hat an der Seite einen runden, nach einer kleinen Esse führenden Gasaustritt, so dass (wahrscheinlich bei verschlossener oder dicht beschütteter Gicht) ein dünner Gasstrom seitlich entweichen und das Innere des Eisenkastens erhitzen kann.

Ehe man zum Cupolofen griff, hatte man versucht, durch allerlei Kunstgriffe das Eisen vorzubereiten und namentlich das Granuliren gewählt, um ein rasches Einschmelzen zu bewirken, ohne dass die Wände des Ofens durch das Hin- und Herwerfen der eingesetzten grösseren Roheisenstücke verletzt zu werden brauchten. Auch die Veränderung des Roheisens durch die Granulirung, das Gelöst- oder Verbundenbleiben des Kohlenstoffes, sollte dem rascheren Verlauf einen gewissen Vorschub leisten. Ein Nutzen hat sich in wesentlichem Maasse nicht ergeben, und man entschloss sich rasch zum Cupolofen, deren einer eine Batterie von 10—12 Danksöfen bequem versorgen konnte.

§ 351. Der Betrieb verlief 1878 bei Hopkins, Gilkes & Co. nach eigenen Notizen des Verfassers wie folgt (Dürre, Neuere Gesichtspunkte in der englischen Eisenindustrie, Wochenschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1879, S. 99).

Die besichtigte und in vollstem Betriebe befindliche Anlage bestand aus:

1. einem Swain'schen Cupolofen mit Dampfhaspel und einem geräumigen Vorherd;
2. zwei Flammöfen zum Schmelzen der Fettlingsubstanzen oder Futtermaterialien: Walzsinter, Hammerschlag und kleine Gaarschlackenbrocken, welche mit Unterwindbetrieb in dünnflüssige Massen verwandelt wurden;
3. zehn Danksöfen, von denen acht regelmässig gingen;
4. einer Quetsche (System Winslow), mit Horizontalhammer combinirt;
5. einem Dampfhammer von ca. 5 Tons Fallgewicht zum Stauchen der gezängten Brammen und zum Vorblocken;
6. einem Wärmofen zur Bedienung des Hammers, d. h. zum Unterbringen der rothwarmen Luppen, bis das Zängen möglich geworden war;
7. einem starken Platinenwalzwerk, in welchem die gehämmerten Luppen ausgereckt und in breite Stäbe verwandelt wurden, deren Aussehen aber weniger das der Rohschienen als das eines nicht ganz sauberen und glatten Grobeisens war.

Nachdem ein Ofen gezogen, d. h. die Luppe entfernt worden war, wurde der Ofen geglättet und ausgebessert, wobei man sich unter langsamem und periodischem Drehen der flüssigen Schlackenreste bediente, mit denen man ihn bewarf und gewissermaassen neu ausglasirte.

Dann wurde bei stillstehendem Ofen aus gröberen Bruchstücken, den vor allen Schweissöfen des Werkes in konischen Gefässen dargestellten und unaufhörlich zur Dankshütte gefahrenen Lumps oder Schlackenklumpen, ein Schlackenbett gebildet, dessen Oberfläche mit kleineren Stücken ausgeglichen und das zum Ueberfluss noch mit einem Kessel flüssiger Schlacke (aus einem der Flammöfen) übergossen wurde. Ob dabei gleichzeitig eine stellenweise Reparatur des Futters beabsichtigt wurde, liess sich nicht erkennen.

Dann wurde bei fortwährend stillstehendem Ofen der Fuchs vorgehängt und nach starkem Schüren der Unterwind angelassen. Die Hitze stieg allmälig und das Schlackenbett begann zu schmelzen, etwa 25 Minuten nach dem Luppenziehen. Nunmehr erfolgte die Besetzung des Ofens mit 500—600 Kilo flüssigen Roheisens, welches mittelst Kessel in die Fuchsöffnung der Trommel gegossen wurde. Kurze Zeit nach dem Besetzen begann das langsame, ca. 15 Minuten dauernde Drehen, und es stieg nun die Temperatur sehr stark, wobei schliesslich das Kochen sich zeigte. Nachdem die Drehungsgeschwindigkeit verdoppelt worden, machten sich reichliche Schlackenergüsse und -austritte durch die Fugen des Ofens und durch die Fuchsöffnung selbst bemerklich. War die Reaktion zu heftig, so mässigte man die Umdrehungsgeschwindigkeit; liess sie nach, so steigerte man dagegen die Tourenzahl, welche sich im Allgemeinen zwischen 10 und 15 pro Minute hielt.

Das Frischen dauerte ungefähr 20 Minuten, worauf das Luppenbilden mit sehr raschem Drehen seinen Anfang nahm (angeblich eine Tour pro Secunde, nach des Verfassers eigener Beobachtung aber höchstens 40 Touren pro Minute).

Später ermässigte man die Umdrehungsgeschwindigkeit und löste einzelne am Fuchs- und Feuerbrückenrand des drehenden Theiles hängen gebliebene Eisenbrocken ab, um sie an die Luppe anzukleben.

In der Zeit des Luppenbildens wurde mit starker Rostbeschüttung gearbeitet, so dass die aus dem Ofen überall brechenden Flammen stark russten und qualmten. Am Schluss des im Ganzen 20 Minuten dauernden Luppenmachens wurde unter scharfem Feuer nochmals rasch gedreht und endlich die Bewegung abgestellt, um die Luppe zu ziehen.

§ 352. Nach den vorstehenden Aufzeichnungen betrug die Gesammtdauer der Charge, ohne die Einrechnung des Ofenausbesserns und des Herrichtens eines genügend starken Schlackenbettes (dem Raume nach mindestens doppelt soviel Schlacke als Eisen), 55 Minuten, von welchen

das Feinen	15	Minuten,
das Kochen und Steigen .	20	„
das Luppenmachen . . .	20	„

in Anspruch nahmen.

Bei Hopkins, Gilkes & Co. wurden 1878 etwa neun Chargen in 12 Stunden gemacht, so dass man einen Roheisenconsum von pptr. 10 Tons Roheisen pro Tag und Ofen annehmen konnte, aus welchem Consum nahezu die gleiche Menge Produkte erfolgte.

Der Danksofen erwies sich unter diesen Verhältnissen als das Aequivalent von vier Puddelöfen gewöhnlicher Art, während man anfänglich bei den Calculationen seiner Rentabilität eine weit stärkere Leistung voraussetzte und in Anschlag brachte.

Man gab dem Verfasser damals die bestimmte Versicherung, dass auch Danks selbet nie grössere Einsätze verarbeitet habe; wenn trotzdem der Betrieb nicht vom Anfang an Erfolge gegeben, so sei daran das allzu hastige Experimentiren des Erfinders Schuld gewesen.

Zur Beurtheilung der ganzen Frage ist aber noch der weitere Verlauf der Operation wichtig und ein Blick erforderlich auf die nothwendigen Hülfseinrichtungen, wie sie ganz eigenartig die Form und Grösse der Luppen verlangten.

Das bedeutende Gewicht und auch die Grösse derselben liessen es unthunlich erscheinen, mit den seither benutzten Verarbeitungsvorrichtungen auch die Produkte des Danksofens weiter zu verarbeiten, obwohl die anfänglich auf 1 Ton Gewicht berechnete Luppenschwere im Verlauf des ersten Versuchsstadiums sehr bald auf die Hälfte und noch weniger herabgesunken war. Die Luppen waren aber noch unförmlich und schwer genug, um den Erfinder des Ofens und des neuen Processes zu zwingen, auch für eigenartige Quetsch- und Schmiedevorrichtungen Sorge zu tragen.

Sehr bald nach dem Bekanntwerden der Danks'schen Arbeiten hörte man auch von einer besonders construirten Quetsche, von Winslow erbaut, durch deren Anwendung der Zängeprocess ausgeführt werden sollte und zwar in der Art, dass die Axe der Luppe parallel zu den Axen der Druckmechanismen, nicht normal dazu wie bei den Walzwerken, gerichtet blieb, auch während der ganzen Arbeit.

Die auf einer schweren Gabel hängende Luppe wanderte in dem beschriebenen Werke nach der Winslow'schen Quetsche, gelangte auf einen schräg gestellten Tisch, rollte herab und legte sich vor die beiden geriffelten, in gleichem Sinn sich drehenden Rollen, welche die construktive Basis der Operation bildeten. Sehr bald lag die Luppe auf den beiden in Bewegung versetzten Rollen und drehte sich, natürlich in entgegengesetztem Sinne. Ohne Zeitaufwand wurde nunmehr die evolventenartig gebaute excentrische Druckwalze in Bewegung versetzt; der Radius der ebenfalls geriffelten Arbeitsfläche derselben veränderte sich dabei ziemlich rasch von 15 auf 24 Zoll englisch, also um 9 Zoll englisch, welche gleichbedeutend waren mit der Durchmesserveränderung der Luppe, die nach zweimaliger Drehung der Oberwalze hinreichend abgerollt und glatt erschien.

Um eine zu lose Textur der Luppe zu vermeiden und die Stauchungen des Dampfhammers zu ersetzen, hatte Winslow seine Quetsche mit zwei kleinen Horizontalhämmern ausgestattet, welche mit derart ausgeschnittenen Bahnklötzen versehen waren, dass sie, ohne an die Getriebe und die Riffelwalzen zu stossen, dennoch zwischen denselben die Luppen aufsuchen und stauchen konnten.

Das Aufbauchen und Platzen der Rinde, das Ausfliessen und Verspritzen eingeschlossener Schlacke zeigten hinlänglich, wie nothwendig das Stauchen als Ergänzung der Walzarbeit war. Um die Luppe möglichst glatt zu haben, waren die Riffelungen der Druckwalze an der Stelle fortgelassen, welche den grössten Durchmessern entsprach.

§ 353. Die Arbeit der Winslow'schen Quetsche, mit welcher Danks den Process eigentlich als abgeschlossen ansah, da hierauf nur ein Verwalzen auf kräftigen Rohschienenwalzwerken oft mit vorgängigem Zerschneiden der Luppen folgen sollte, genügte in Middlesbro' anscheinend nicht, da der 1878 beobachtete Betrieb an den Durchgang der Luppen durch die Quetsche noch eine sehr starke Staucharbeit unter einem besonderen Dampfhammer anschloss.

Vor dem Amboss dieses Hammers gelangte die nunmehr zu sehr abgekühlte Luppe in einen Wärmofen, erhielt gelbrothe Hitze und kam auf der anderen Seite heraus, um auf einem riesenhaften Triowalzwerk mit Hebetischen zu breiten und dicken Platten von der Qualität besserer Rohschienen ausgewalzt, zerschnitten und sortirt zu werden. Gleich an der Säge fielen die Abschnitte auf den zum Transport bestimmten Wagen.

Das Ungenügende der Arbeit auf der Winslow'schen Quetsche geht auch noch daraus hervor, dass man bei Hopkins, Gilkes & Co. sich nach anderen Combinationen umgesehen hatte, um einen durchgreifenderen Effekt zu erzielen.

Eine Zeit lang zängte man z. B. die Luppen auf einer eigenthümlichen hydraulischen Presse, welche in horizontaler Richtung wirkte, und zwischen deren Angriffsflächen die Luppe durch eine mit rechenartig an der Peripherie aufgesteckten Stahlzinken versehene Scheibe gepackt und gedreht wurde.*)

Diese Unmöglichkeit, in hinlänglich rascher und praktischer Weise eine durchgreifende Reinigung der Luppen und eine für die Weiterverwerthung zu allen Zweigen der Walzerei geeignete Umformung zu Stäben zu erzielen, hat hauptsächlich der Verbreitung des Ofens wie der Methode einen Damm gesetzt, obwohl die Qualität des Produkts eine sehr gute war und auf der Pariser Ausstellung Aufsehen erregte.

Auch Martinstahl unter Zusätzen von Dankseisen erwies sich als probemässig, erschien aber auch nur als ein vorübergehender Versuch.

§ 354. Erzielte, wie aus dem Vorstehenden ersichtlich, der Danksofen keine dauernden Erfolge, so war dies noch weniger mit den anderen, demselben ähnlichen oder ihm nachgebildeten Oefen der Fall, von denen aber einige unter ganz ungewöhnlichen Ansprüchen auf Beachtung in die Welt und vor das Auge des Fachmanns getreten waren. Der Verfasser hat 1874 in einem Vortrag vor dem Technischen Verein für Eisenhüttenwesen über einzelne dieser Oefen kurz berichtet (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1875, S. 115 u. 116).

Der in Wien 1873 ausgestellt gewesene Ofen von Sellers in Philadelphia machte z. B. den Eindruck, als sei es dem Construkteur vor Allem darauf angekommen, eine recht elegante Lösung der bei einem derartigen Apparat auftretenden Bewegungsprobleme zu finden. Die Gasheizung mit rückkehrender Wirkung, dem damals bekannt gewordenen Siemens'schen Rotator entlehnt, bot nichts Bemerkenswerthes und über den Betrieb waren Angaben nicht gemacht.

Das Einzige, was Andere, z. B. Kerpely (Das Eisen auf der Wiener Ausstellung, S. 171), über den Betrieb mittheilten, betraf die Herstellung des Futters und vereinzelte Details des Chargenverlaufs.

Das Futter bestand zunächst aus Eisenbrocken, welche durch Schlackenfüllungen miteinander verbunden und durch eine Schlackendecke übergossen waren. Auf diese untere Schicht kam eine zweite innerste Schicht, ca. 2 Zoll dick, aus Erz mit $12/_{00}$ Zusatz von hydraulischem Cement und $18/_{00}$ Wasserglas bestehend, welche nach dem Auftragen bis zur Rothgluth erhitzt und demnächst nochmals mit Schlacke überschmolzen wurde; Reparaturen geschahen mittelst Erzklumpen und geschmolzener Schlacken.

Die Chargen sollen etwas leichter gewesen sein als im Danksofen und nur 600 Pfund betragen haben; sie wurden ebenfalls flüssig aus einem Cupolofen eingebracht.

Bei anfänglich 8 Touren pro Minute, wurde in 30 Minuten der Inhalt dick und zähe; man zog alsdann die Schlacke ab und ballte nunmehr, im Verlauf von 5 Minuten, bei $1^1/_2$—2 Touren pro Minute die Luppe. Jeder Ofen beanspruchte einen Arbeiter zur ausschliesslichen Bedienung, und 6—8 Oefen hatten ausserdem noch fünf Mann zur allgemeinen Bedienung, zu den Transportarbeiten u. s. w. Eine gute Detailzeichnung von Sellers' Ofen findet sich in Wedding's Schmiedbarem Eisen, S. 306 u. ff.

In dem citirten Vortrag des Verfassers wurde die Zusammensetzung des zweiten Futters als Humbug charakterisirt und auf die Gefahren der Leichtflüssigkeit solcher Drehofenfutter hingewiesen, auch eine Formel aus dem Recept Sellers' berechnet, welche unwahrscheinliche Verhältnisse ergab.

Eine weitere Bekanntgabe von Betriebsresultaten hat nicht stattgefunden, was nicht ausschliesst, dass die von Kerpely an genannter Stelle angeführte Anlage noch längere Zeit fungirt haben kann.

In demselben Vortrag wurde noch anderer Revolveröfen gedacht, welche die Aufmerksamkeit der betheiligten Kreise einige Zeit gefesselt hatten.

Spencer, damals bei Richardson & Sons in Westhartlepool, reclamirte kurz nach dem Auftreten des Danksofens die Priorität der Idee, zum Füttern rotirender Oefen reiche Schweissschlacken (best tap) zu benutzen, und hatte 1872 dem Iron and Steel Institute eine andere Disposition des rotirenden Ofens präsentirt. Dieselbe bestand aus einer hinlänglich geräumigen Feuerungsanlage, einem ebenso ausreichenden Fuchse und dem rotirenden Ofenherd, den der Verfasser wegen der Form desselben die Drehkiste taufte, da seine Form die eines schrägen, quadratischen Prisma hatte.

Der Herd rotirte zwischen den vertical aufgerichteten Basenflächen; dadurch waren von den vier Prismenflächen, die den Herd allseitig umgrenzen, zwei einander gegenüberliegende der Ofenaxe parallel, während die anderen beiden zwar unter sich parallel, aber gegen die Ofenaxe selbst geneigt waren.

Diese Disposition sollte ein Hin- und Herfliessen der Charge zwischen Feuerbrücke und Fuchs veranlassen und ausserdem dem frischenden Eisen eine grössere Innenfläche bieten, als es die walzenförmigen und elliptischen Ofenkörper thun. Ausserdem sollten die planen Flächen eine bequemere Fütterung mit geschmolzener Schlacke ermöglichen.

Das Ausfüttern geschah in der Art, dass man die aus U-Eisenstäben bestehenden Wände der „Drehkiste“ mit gegossenen Schlackenprismen von trapezförmigem Querschnitt auslegte (in eisernen Formen herstellbar), Schlacke darauf goss und so eine feste Wand erhielt.

*) Im Jahre 1878 wurde diese etwas monstruös gestaltete riesenhafte Vorrichtung in einem Bretterhaus, zwischen zwei Hallen eingeschlossen, gezeigt.

Das Verfahren wurde bei jeder Seite wiederholt, nachdem man das Festwerden der vorher gemachten abgewartet hatte; daraus folgte eine grosse Sicherheit in der Erzielung gleichmässiger Stärken. Die Stösse des Ofens nach der Feuerbrücke und nach der Fuchsbrücke zu wurden ebenfalls aus Schlackensteinen aufgemauert, dann mit Schlacken übergossen und abgeglichen.

Ueber den Betrieb des Spencerofens sind damals folgende Daten nach Gautier (Bulletin de la société de l'Industrie minérale 1873, Liefg. 2) bekannt gegeben worden.

Der Ofen wurde mit 500 Kilo flüssigen Roheisens durch eine Oeffnung in der Seite des Apparates oder durch die Fuchsöffnung (wie bei dem Danksofen) besetzt. Zu dem Behufe war die sich auf Rollen bewegende Drehkiste in einem fahrbaren Gestell eingelagert und konnte erforderlichenfalls aus der Verbindung mit Feuerraum und Fuchs gelöst werden.

Man war in der Chargengrösse schon bis 650 Kilo gegangen und die Dauer war bis auf 13 Minuten herabgemindert worden. Die Absicht, Einsätze von 1000—5000 Kilo zu machen, hat sich indessen als unausführbar gezeigt.

In sieben Chargen hat man aus 2478 Kilo Gesammteinsatz
2486 Kilo Produkte gewonnen.
Die Qualität soll vorzüglich gewesen sein; Ainsworth und Pattinson fanden den Phosphorgehalt von 2,17—2,19/₀₀ auf 0,16—0,10/₀₀ im Produkt. Der Schwefelgehalt von 0,11—0,17/₀₀ verminderte sich auf 0,005—0,05/₀₀, während der Siliciumgehalt 0,24—0,34/₀₀ betrug.

Die von Spencer seiner Ofenconstruktion vindicirte Eigenthümlichkeit, das Zerreissen der Luppen selbstthätig zu verrichten, hat sich nicht dauernd gezeigt und bewährt, sondern als dem Gebiet des Zufalls angehörend erwiesen.

§ 355. Ein anderer Ofen, von Howson und Thomas, hatte sich neben der Beseitigung der Handarbeit ein anderes Ziel gestellt, nämlich die thunlichste Benutzung vorhandener Anlagen und Einrichtungen. Der Umbau eines alten Puddelofens wäre hiernach so weit zu beschränken, dass Feuerraum und Fuchs vollkommen stehen blieben und nur der Herd durch einen drehbaren Theil ersetzt würde.

Dieser drehbare Theil hatte die Form eines Doppelkegels, d. h. zweier mit der Basis aneinander stossender Kegel und bestand aus einem Blechmantel, der auf Rollen drehbar und wie bei dem Spencerofen in einem Gerüst eingelagert war, welches man aus dem ganzen Bau in normaler Richtung zur Ofenaxe herausziehen konnte. Fuchs und Feuerloch konnten während des Herausziehens des Drehherdes durch Schieber abgeschlossen werden.

Als Futtermaterial benutzte man pulverisirtes, gebranntes oder geröstetes Eisenerz und wählte neben dem besten tap cinder auch hinlänglich strengflüssige natürliche Erze, z. B. Hämatit, Ilmenit, Magnetit. Die Versuche mit diesem Ofen ergaben aber eine starke Eisenreduktion aus dem Erzfutter und eine regelmässige Zunahme des Quantums der absoluten Einsätze.

Sehr bald nach Bekanntwerden der Ofenconstruktion wurde bezweifelt, dass der Einbau eines derartigen Drehstückes unter Belassung der alten Herd- und Fuchstheile billiger sei als der totale Umbau eines alten Ofens (Gautier).

§ 356. Mehr noch als der eben beschriebene hat der Ofen von Crampton Aufsehen in der metallurgischen Welt erregt. Derselbe bezweckte ursprünglich nichts als die Verbindung eines schon früher durchgeführten Feuerungsprincips mit dem Princip des rotirenden Puddlers.

Auf der Frühjahrsversammlung des Iron and Steel Institute 1873 durch einen Vortrag Crampton's bekannt und durch Veröffentlichungen (Iron I, S. 721; Engineering No. 384 u. 385; Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure XV, S. 365 u. XVII, S. 687) in weitere Kreise gebracht, fand der Plan Crampton's Eingang in Woolwich, wo eine Anlage nach demselben ausgeführt worden ist.

Die Feuerung Crampton's besteht aus einer Ringbrenneranlage, gebildet durch einen aus einer Ringröhre hervortretenden Windstrom, welcher in den gleichfalls ringförmig angeordneten Feuerkanal des Ofens geblasen wird und am Eintritt in denselben einen gleichmässig hereinrieselnden Kohlenstaubstrom ansaugt und mit hineinführt.

Dieses durch entsprechende Vorrichtungen zu regulirende Gemisch entzündet sich, sobald es in einen durch Holzfeuer etc. vorgewärmten Heizraum tritt, und gibt eine äusserst wirksame Flamme. Hauptsache ist die Regulirung der beiden Bestandtheile und ihre innige Mischung; die letztere kann begünstigt werden durch eine Construktion, welche Crampton bei seinem Puddelofen auch angewendet hat, nämlich durch die Anlage einer Verbrennungs- oder Feuerkammer vor dem eigentlichen Arbeits- oder Heizraum.

Der ganze Ofen bestand aus einem ziemlich langen Cylinder mit doppelten, in Wasser gekühlten Blechmänteln, die innen mit dem entsprechenden Erz- oder Schlackenfutter bedeckt waren. Die eine (vordere) Hälfte dieses Cylinders war die Feuer- oder Verbrennungskammer, in welche der Brenner mündete und die Flamme sich erst bildete. Dieser Raum war durch eine Einschnürung des Futters, durch einen ringförmigen Wall von dem eigentlichen Puddelofen getrennt, in welchem die Charge sich

befand, und dieses Zusammendrücken der Flamme trug sehr wesentlich zur Homogenisirung der Flamme bei. Dadurch, dass erst im bewegten Theil des Ganzen die Flamme entstand, hatte der Cramptonofen vor den anderen rotirenden Puddlern den Vorzug nur einer glühenden Anschlussfläche.

Ob dieser Vortheil nicht durch die Schwierigkeit, sowohl die Einschnürung längere Zeit zu erhalten, als auch die Flammenbildung regelmässig zu führen, nicht aufgehoben worden wäre, verbot die kurze Lebensdauer des Cramptonofens festzustellen.

Ueber den Betrieb desselben während dieser Versuche steht Folgendes fest.

Der in Woolwich erbaute Ofen wog ca. 20 Tons und wurde durch zwei Dampfcylinder von 5 Zoll englisch = 125 mm Durchmesser in Umdrehung versetzt; der Gang war sehr ruhig und die Abkühlung so gross, dass man überall die Hand auflegen konnte.

Das Futter bestand aus einem Schlackenbett, das seinerseits auf einer vollkommen glatten Lage von feuerfesten Steinen aufgeschmolzen war.

Temperaturwechsel, z. B. das Erzielen der Schweisshitze in $1^1/_4$ Stunde, sowie das Einblasen kalter Luft allein haben sich nach Ausweis des Versuchsprotokolls ohne Nachtheil gezeigt.

Die Chargen waren 5—6 Centner schwer und es wurden deren acht in 12 Stunden abgeführt mit 105—$110/_{00}$ Ausbringen. Die Eisenqualität war eine sehr gute, und es betrug die absolute Festigkeit

für die gezängten, gewärmten und gewalzten Luppen 3338 Kilo pro Quadratcentimeter,
„ „ geschweissten und gewalzten Luppen . . . 3919 „ „ „
„ „ gehärteten Stäbe 6023 „ „ „
während das gewöhnliche, dreimal geschweisste englische
Puddeleisen nur 3193 „ „ „ besass.

Bezeichnend für die Wirkungsweise der Cramptonöfen und der rotirenden Puddler überhaupt ist die damals ausgesprochene Meinung Crampton's, dass sein Ofen auch Sätze von 12 bis 15 Centner aufnehmen könne, dass aber Ladungen von 25—30 Centner weit bessere ökonomische Resultate geben würden.

Dasselbe hat auch Spencer seinem Ofen nachgerühmt.

§ 357. Das Studium des Danksofens Seitens der Franzosen brachte eine andere Form des mechanischen Ofens zum Vorschein, der eine ältere Constructionsidee mit einer geringen Veränderung verband und eine Zeitlang berufen schien, das viel ventilirte Problem des mechanischen Puddelns zu einer betriebsfähigen Lösung zu bringen.

A. Pernot, Fabrikationschef in den Werkstätten der Gesellschaft Petin-Gaudet zu St. Chamond, griff den bereits früher (1858 von Maudslay-Lambette, 1866 von Bedson & Williams, 1873 von v. Ehrenwerth) zur Ausführung gebrachten Gedanken eines um einen aufrechtstehenden, rotirenden teller- oder schüsselförmigen Herdes wieder auf, veränderte aber die Construktion dahin, dass er die Axe etwas neigte und in einem Fahrgestell lagerte, dessen Bewegung das Aus- und Einfahren des Herdes in den Ofen gestattete, wenn Reparaturen eine Auswechselung nothwendig machten.

Die in allen Zeitschriften zerstreuten Nachrichten über den Pernotofen gipfeln in einer Broschüre des Bergrevierbeamten Henri zu Rive de Gier (Paris 1874, Dunod). Diese Broschüre ist von dem Verfasser dieses Werkes in deutscher Sprache bearbeitet und, mit Zusätzen versehen, herausgegeben worden, welche sich auf den späteren Betrieb der Pernotöfen in Belgien und Deutschland bezogen.

Die Hoffnungen, welche dieser Apparat erregte, bewährten sich ebensowenig wie diejenigen, welche man auf die früheren Systeme gesetzt hatte. Dennoch war es derjenige Apparat unter den mechanischen Puddlern, welcher die grössten Aussichten zu bieten schien, da er am meisten sich an die seitherigen Arbeiten anschloss, und da die etwaigen Ersparnisse durch Ersatz der Handarbeit nicht durch besonders hohe Einrichtungskosten in Frage gestellt zu werden schienen. Dennoch ergab der mehrjährige Betrieb zu Ougrée, welcher mit äusserster Sorgfalt geführt wurde, keine ökonomischen Vortheile gegenüber dem gewöhnlichen Verfahren, so dass man den Versuchsofen aufgab, noch ehe die Erscheinung des basischen Processes das Grabgeläute des Puddelofens neu verstärkte.

Da aber die Idee Pernot's ausser zu dem Puddelbetrieb auch zu dem Betrieb von Martinprocessen sich anwendbar zeigte, so wurde der Pernot'schen Construktion ein längeres Leben beschieden als den übrigen mechanischen Puddlern, und es ist bereits S. 361, § 318 eine Einrichtung erwähnt worden, welche an verschiedenen Orten sowohl zur vorbereitenden Reinigung des Eisens, als auch zur Ausführung des Flammofenschmelz- und Legirungsprocesses verwendet wird, wenn auch nicht in gleichem Maasse und gleicher Ausdehnung wie die gewöhnlichen Siemens-Martinstahlöfen.

Wie die Darstellungen auf Tafel I und II andeuten, unterschied sich der Pernotofen von jedem anderen Puddelofen dadurch, dass er eine seitlich geneigte Sohle besass, die gedreht werden konnte und also abwechselnd die Hälfte der Sohle dem Feuer, abwechselnd der Wirkung des Einsatzes aussetzte.

Die Drehung sollte auf die Vertheilung des Eisens wirken, und hoffte man durch Anwendung einer gewissen Geschwindigkeit eine centrifugale Ausbreitung in dünner Schicht zu erreichen, welche

sehr energisch zur oxydirenden Wirkung beitragen sollte. Dies traf nicht ein, weil eine derartige Drehung nicht zur Ausführung kam und die nachher gefundene Tourenzahl von 5—6 per Minute centrifugale Wirkungen nicht auszuüben vermochte.

Die Planrost- oder Gasfeuerung wurde meist geblasen, um das Eintreten kalter Luft durch die Fugen des beweglichen Herdtheiles möglichst zu beschränken; die reichliche Flamme gelangte über die der Herdebene entsprechend geneigte Feuerbrücke nach dem Herdtheil des Ofens.

Dieser Theil erschien gegen die gewöhnlichen Puddelöfen etwas ausgebaucht, und die Armatur der Vorderseite zeigte einen ausspringenden stumpfen Winkel mit **zwei** Arbeitsthüren, deren Vorhandensein sich später als sehr nützlich erwies. Die ersten Herde waren auf 300 Kilo Sätze eingerichtet; doch zeigte die Erfahrung, dass 400—500 Kilo schwere Sätze eine bessere Arbeit gaben, und es sind später sogar Construktionen mit 800—1000 Kilo Einsätze in Vorschlag gebracht und ausgeführt worden.

Die Gewölbe und Arbeitsthüren, welche man anfänglich so belassen wollte, wie sie bei den alten Oefen waren, mussten später verändert werden, als man auf grössere Einsätze überging.

§ 358. Der Betrieb des Ofens zeigte folgende Eigenthümlichkeiten.

Nachdem der Blechtrog des Herdes mit Gaarschlacke gepflastert, was in der Stärke von 50 bis 80 mm zu geschehen pflegte, wurde der Herd in den Ofen geschoben, wobei stets 30—40 mm Fuge blieben; dann trocknete man den Ofen ab und erhitzte ihn nach und nach zur Weissgluth. Hatte der Ofen dieses Stadium erreicht, so verbrannte man Eisenabfälle auf dem Herd mit Hülfe einer eingesteckten Winddüse, wobei das sich bildende Oxydoxydul die Schlackenstücke verkittete und glasirte, während eine Drehung von 3—4 Touren erfolgte. Durch Kühlung des Herdtroges von aussen her brachte man die zwischen die Schlackenstücke einfliessenden Oxyde zum Erstarren, und bald war die ganze Sohle erstarrt, während man den Rost reinigte.

Bei glühend eingesetztem corsischen Roheisen (Toga) war der Chargenverlauf folgender:

1. Schmelzen auf einen Schlackensatz 35 Minuten mit Unterwindbetrieb, aber ohne Ofendrehung; nur beim Kühlen durch den fixen Wasserstrahl wurde langsam hin- und hergewendet.

2. Rühren des geschmolzenen Satzes durch Drehen (3—4 Touren pro Minute), anfänglich unter Temperaturerniedrigung mittelst Registerschlusses und Abkühlen des aus dem Bade hervorsehenden Theiles der Ofensohle; später und nach eingetretener Reaktion (15 Minuten) steigert man die Temperatur, wonach das Kochen eintritt (10—15 Minuten).

3. Wenden des Eisens durch Einhalten eines Hakens, bis das Eisen hinreichend hart und compakt erscheint (20 Minuten).

4. Luppenmachen, in der ersten Zeit angeblich bequemer als später. Man nahm an, dass der Puddler ruhig vor der Thür stehen bleiben könnte und das Eisen nicht in allen Ecken eines festen Herdes zu suchen brauchte. Die erste Luppe war in 10 Minuten fertig, die letzte dagegen in 30 Minuten abgezängt.

5. Das Repariren des Herdes, welches ca. 30 Minuten dauerte.

Eine Beschleunigung der Arbeit fand mithin durch den neuen Puddelofen anfänglich nicht statt, denn die Recapitulation vorstehend aufgeführter Theile ergab:

35 Minuten für das Schmelzen,
30 „ „ „ Rühren,
25 „ „ „ Wenden,
30 „ „ „ Luppenmachen und Zängen,
30 „ „ „ Zurechtmachen des neuen Herdes,

so dass 2 Stunden 30 Minuten von Anfang zu Anfang der Chargen verlaufen sind. Nach Vergrösserung der Oefen und Chargen bis zu 900—1000 Kilo Haltungsfähigkeit ging die Arbeit rascher und unter besseren Bedingungen vor sich.

Die hierzu erforderliche Vergrösserung des Herdes aber und die Vermehrung des Personals hoben die Vortheile wieder auf, besonders da auch das Rühren und Luppenmachen sich durchaus nicht so leicht ausführen liess, als es der Erfinder glauben machen wollte. Namentlich die äusserst gewissenhaften Versuche in Ougrée sowie noch die Versuche in Kalk bei Köln und in Düsseldorf ergaben die Unmöglichkeit, ohne Handarbeit ein homogenes Produkt zu erzeugen. Besonders musste stets ein Wechseln des Satzes von der Herdmitte nach den Rändern und umgekehrt stattfinden, weil der Process in der Mitte des Herdes zurückblieb, während die Reaktion an den Rändern voranschritt. Dann übte beim Verpuddeln mancher Roheisensorten, besonders besserer Qualität, wo der Gang schon an sich ein sehr heisser war, der Unterwindbetrieb einen sehr heftigen Einfluss auf die Beschaffenheit der Abhitze aus. Die Flamme stieg in der Temperatur und verbrannte die Kessel, so dass man gezwungen war, Kröpfungen und Winkel in den Füchsen anzubringen, um die Stichflamme zu brechen und einen zu direkten Anprall zu verhindern.

Ebensowenig wie der Pernotofen vermochte sich der um eine verticale Axe drehende Tellerofen von J. v. Ehrenwerth allgemein einzuführen. Derselbe war in Zeichnung und Beschreibung auf der Wiener Ausstellung 1873 vorhanden und findet sich in allen gleichzeitigen Berichten beschrieben.

§ 359. Obwohl nach und nach die Unmöglichkeit eingesehen wurde, den Puddelprocess mechanisch so zu vervollkommnen, dass er (im Interesse der Verarbeitung phosphorreicheren Roheisens) mit dem Bessemerprocess concurriren konnte, trat 1878 noch ein verbesserter Danksofen auf, den die Verwaltung von Creusot in Lebensgrösse ausgestellt hatte, und welcher sich in Kerpely's Bericht über die Pariser Weltausstellung abgebildet findet.

Die Feuerung war eine feststehende, mit Unterwind und geschlossenem Aschenfall versehene; durch über der Feuerbrücke sowie im Gewölbe über dem Feuer vorgesehene Schlitze, welche von einem kastenartigen Windreservoir umschlossen waren, konnte erforderlichen Falles noch mehr Luft in die Feuerung gelangen, als der Unterwind allein lieferte.

Eine gekühlte Feuerbrücke trennte den Feuerraum vom Drehofen, dessen Anschluss etwas sorgfältiger gestaltet war, als dies beim ursprünglichen Danksofen der Fall war; zu diesem Behufe war der Uebergang aus dem halbkreisförmigen Feuerloch in die kreisrunde Oeffnung des Drehstückes kein unvermittelter, sondern wurde durch eine aufgefaltete Kegelfläche bewirkt, die zur festen Feuerbrücke gehörte. Das Drehstück war von einem cylindrischen Eisenmantel umgeben und wurde von vier Rollen getragen, die im Rahmenwerk des Fundaments gelagert waren. Auf dem Mantel sass ein Zahnkranz, der mit einem seitlich gelagerten Getriebe im Eingriff sich befand und von einer Transmissionswelle aus bewegt wurde. Die Wasserkühlung des Mantels fand in einer etwas complicirten Art statt, welche bei zunehmender Erhitzung des Ofens sicher versagen musste.

In der Mitte des Ofens war eine mit Wasser gekühlte Brücke oder eine Einschnürung angebracht, welche vom Anfang an den Einsatz in zwei Hälften theilte, um am Schluss zwei Luppen statt einer zu erhalten.

Der an den Ofen sich anschliessende Fuchs war ebenfalls stark gekühlt und stand durch einen seitlichen Kanal mit der Esse in Verbindung. Um das Ofeninnere zugänglich zu machen, war der Fuchs beweglich und liess sich nach oben aufklappen, statt wie bei dem ersten Danksofen sich um die Essenaxe wegzudrehen. Diese Bewegung wurde durch ein besonderes, mit Zahnstange arbeitendes Hebewerk ausgeführt und durch Gegengewichte erleichtert.

Als Futter hatte man bei diesem Ofen möglichst reines Rotheisenerz mit Hammerschlag verwendet, dasselbe in einzelnen Lagen aufgeschmolzen und mit Erzstücken und Drehspänen inkrustirt. Wegen der Unmöglichkeit, auf allen Seiten des Ofens dieses Aufschmelzen gleichmässig auszuführen, trug man es lagenweise ein und dadurch bekam der Ofenraum eine mehr prismatische als runde Gestalt.

In Creusot sollen 1878 zwei dergleichen Oefen im Betrieb gewesen sein.

§ 360. Das Thema der mechanischen Puddler kann hier nicht abgeschlossen werden, ohne der Schaukelöfen zu gedenken, welche verschiedentlich aufgetreten sind.

Dieselben, anstatt sich um eine horizontale Axe zu drehen, waren trogartige Construktionen, mit flacher Decke überspannt und zwischen festen Feuerungs- und Fuchsanlagen so eingebaut, dass sie um die Axe der kreisförmigen Anschlussöffnungen oscillirten. Die Bewegung geschah in verschiedener Weise durch Zugstangen und Excentriks, die mit besonderer Dampfmaschine oder mit Transmission bewegt wurden.

Ein solcher Schaukelofen wurde etwa 1874 von Ed. Daelen in Düsseldorf projektirt, ist aber zu keinerlei Ausführung gekommen, wiewohl er einige recht sinnreiche Details besass. Der Pernotofen aber, der gleichzeitig auftrat, absorbirte so sehr und so ausschliesslich die Aufmerksamkeit der Fachleute, dass man andere und minder einfache Construktionen wenig beachtete.

Eine andere oscillirende Methode des Puddelns ist von Menessier, Direktor der Forges de l'Onzion (Firma Neyrand & Thiolière), erdacht und 1875/76 betrieben worden.

Der Ofen besass einen halbcylindrischen Herd, eine prismatische Armatur mit vier geneigten Thüren, zwei jederseits, und oscillirte um eine mit der Axe der Feuerungsanlage zusammenfallende Linie.

Die Chargengrösse war 300 Kilo und wurde in 45 Minuten eingeschmolzen, dann pro Minute mit 8—12 Touren der Betriebswelle geschaukelt. Das Rühren war in 22 Minuten beendet (graues feinkörniges Drahtmaterial), während das Luppenmachen zwei Arbeiter erforderte, welche 8 Minuten zum Ziehen beanspruchten, nachdem sie in 10 Minuten 6—7 Luppen gemacht hatten. Rechnet man noch 10 Minuten pro Charge Flick- und Reparaturpause, so ergibt sich eine Chargendauer von 95 Minuten und es gehen 14 Chargen auf 24 Stunden.

Auffallend war, dass der gewöhnliche Puddelofen ebenfalls 14 Chargen lieferte, und dass der Brennstoffverbrauch in beiden Fällen derselbe und 1450—1500 Kilo pro 1000 Kilo war.

Der Vortheil des oscillirenden Ofens kann hiernach lediglich in der Ersparniss an Löhnen gelegen haben; als ein weiterer ist damals angegeben worden, dass das Produkt des Schaukelofens

feinkörnig und zäher gewesen sei. Zerreissungsversuche hätten allerdings keinen bedeutenden Unterschied in der Grösse der Zerreissgewichte, aber wohl in den permanenten Verlängerungen und Contraktionen der Querschnitte ergeben.

Der Materialverbrauch war per Tonne

	im gewöhnlichen Ofen	im Menessierofen
Roheisen	1115 Kilo	1085 Kilo
Schrot	40 „	48 „
Erz	— „	75 „

(Dürre, Reisebericht über die neueren Fortschritte Frankreichs in der Eisenindustrie; Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1876, S. 650.)

§ 361. Das Verhältniss der einzelnen Ofentheile und Abmessungen untereinander ist auch bei den Puddelöfen Gegenstand eingehender Untersuchung gewesen. Mit Rechnung ist dabei wenig zu machen, da die Wärmeleistung einer Feuerungsanlage, wie sie die Puddelöfen haben, Planrost, Treppenrost oder Gasfeuerung, äusserst schwankend ist und nur in grösserem Betriebsdurchschnitt aufgefasst eine gewisse Gleichmässigkeit erkennen lässt.

Daher hat man zur Feststellung der Dimensionirung der Puddelöfen und zur Aufsuchung besserer Verhältnisse ganz richtig damit angefangen, bestehende und gut gehende Oefen zu untersuchen und zunächst deren Abmessungen, Leistungen etc. zusammenzustellen.

Eine solche Zusammenstellung, auf Veranlassung des Technischen Vereins für Eisenhüttenwesen ausgeführt, findet sich in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure XVI, 1872, S. 674.

Dieselbe enthält die Angaben für zwei Stahlöfen,
fünf Drahtöfen,
neun Stabeisenöfen, welche allerdings nicht gleiche Betriebsgrundlagen haben.

So arbeiten zwei der letzten Gruppe mit Vorwärmer und verpuddeln ein rasch frischendes Eisen.

	Einsatz Kilo	Chargen in 12 Stund.	Rostbreite Meter	Rosttiefe Meter	Rost bis Feuerbrücke Meter	Höhe des Flammenloches Meter	Herdlänge Meter	Herdbreite Meter	Fuchsbreite Meter	Fuchshöhe Meter	Zahl der Roststäbe	Stärke der Roststäbe Millim.	Depression am Kessel mm Wasser	Rostfläche QMtr.	Freie Rostfläche /oo	Fuchsfläche QMtr.	Fuchsfläche / Rostfläche
I. Stahlöfen	250	5	0,914	0,993	0,379	0,287	1,572	1,572	0,470	0,287	14	52/52	—	0,908	21	0,135	1:6,7
	215	5,5	0,940	0,940	0,365	0,300	1,680	1,330	0,340	0,235	14	38/38	—	0,883	43	0,079	1:11,2
Durchschnitt	**227,5**	**5,25**	**0,927**	**0,967**	**0,372**	**0,294**	**1,626**	**1,451**	**0,405**	**0,261**	**14**	—	—	**0,896**	**32**	**0,107**	**1:8,95**
II. Drahtöfen	250	6	0,860	0,940	0,390	0,410	1,650	1,460	0,390	0,315	9	52/32	18	0,808	46	0,122	1:7
	245	6	0,890	0,835	0,390	0,275	1,650	1,350	0,365	0,275	13	38/38	—	0,743	44	0,100	1:7,4
	230	6,5	0,889	0,941	0,470	0,261	1,630	1,340	0,366	0,261	13	45/45	21	0,436	34	0,095	1:9
	225	6,5	0,785	0,945	0,395	0,313	1,569	1,307	0,366	0,209	11	45/45	—	0,740	37	0,076	1:9,8
	225	6,5	0,850	0,750	0,490	0,230	1,520	1,400	0,450	0,220	11	55/25	12	0,637	29	0,099	1:6,5
Durchschnitt	**235**	**6,25**	**0,834**	**0,882**	**0,427**	**0,298**	**1,604**	**1,371**	**0,387**	**0,256**	**11-12**	—	**17**	**0,673**	**38**	**0,098**	**1:7,9**
III. Stabeisenöfen	250	7,5	0,950	0,950	0,425	0,325	1,730	1,310	0,365	0,225	12	50/35	—	0,902	37	0,082	1:11
	250	6,5	0,784	0,784	0,313	9,366	1,569	1,255	0,392	0,275	10	52/26	—	0,615	34	0,108	1:5,7
	250	6,5	0,890	0,915	0,366	0,366	1,620	1,411	0,470	0,313	10	52/32	—	0,814	42	0,147	1:5,5
	250	6,5	0,914	0,993	0,326	0,287	1,572	1,572	0,470	0,287	14	52/52	—	0,908	21	0,135	1:6,7
	230	6,5	0,942	0,785	0,340	0,392	1,752	1,240	0,392	0,262	10	45/45	—	0,739	52	0,103	1:7
	225	7,5	0,940	1,045	0,340	0,285	1,600	1,300	0,392	0,365	15	46/46	—	0,982	27	0,143	1:7
	220	7	0,890	0,940	0,470	0,315	1,640	1,310	0,390	0,290	12	39/39	11	0,836	48	0,113	1:7,4
	240	9,5	0,810	0,725	0,430	0,270	1,565	1,290	0,480	0,230	11	53/25	15,5	0,587	28	0,110	1:5,3
	220	9,5	0,850	0,750	0,420	0,250	1,520	1,350	0,450	0,240	11	55/25	10	0,637	29	0,108	1:6,1
Durchschnitt	**237**	**7,5**	**0,886**	**0,765**	**0,381**	**0,317**	**1,608**	**1,338**	**0,422**	**0,276**	**11-12**	—	**12,2**	**0,891**	**35**	**0,115**	**1:6,9**

Die Tabelle enthielt ursprünglich mehrere Abmessungen, welche irrelevant erschienen und welche deshalb hier weggelassen sind, z. B. Feuerbrückenlänge (nach der Ofenaxe), Höhendistanz der Feuerbrücke über der gekühlten Herdwand sowie Höhe der Herdwand (ohne Kenntniss der absoluten Herdfutter zur -Dicke ohne Bedeutung).

Will man die Summe der beiden letzten Maasse als Herdtiefe ansehen, so erhält man im Mittel:

für die Stahlöfen 0,3665 m,
„ „ Drahtöfen 0,402 „
„ „ Stabeisenöfen 0,367 „

Die als Herdlänge und Herdbreite eingetragenen Zahlen sind ebenfalls Abmessungen, die sich auf den Kanal oder die gekühlte Herdwand beziehen, und die lichte Weiten, das eine Mal von der Feuer- zur Fuchsbrücke, das andere Mal von der Rückseite zur Feuerthür, darstellen.

Die hier ausgerechneten Mittelzahlen sind in der Tabelle nicht enthalten, sie lassen aber erkennen, dass für die verschiedenen Ofenarten auch wirklich verschiedene Verhältnisse zwischen Herdfläche, Feuerung etc. stattfinden.

§ 362. Th. Beckert gibt in seinem Leitfaden zur Eisenhüttenkunde die nachstehenden, jedenfalls aus der Praxis gegriffenen Abmessungen und Verhältnisse.

Zunächst wird darauf aufmerksam gemacht, dass die Axe des Fuchses nicht ganz genau mit der Ofenaxe zusammenfallen, sondern mehr nach der Vorderseite gerückt sein müsse, um den scharfen und direkten Durchzug der Luft durch die Arbeitsthür etwas zu erschweren. Die Wirksamkeit dieser Vorsichtsmaassregel ist wohl etwas fraglich, jedenfalls aber eine ziemlich geringfügige, wenn es auch möglich ist, dass die von der Thür nach dem Fuchs hin führende Wangenfläche um so mehr gekühlt werden dürfe, als sie in ihrer Stellung sich der Normalen zur Ofenaxe nähert und vom eintretenden Luftstrom unter grösserem Winkel getroffen wird.

Oefen für sehniges Eisen erhalten bei 300 Kilo Einsatz 1,9 m Herdlänge und 1,40 m Herdtiefe, d. h. normal zur Längsaxe gemessene Ausdehnung. Der Rost ist gewöhnlich $0{,}94 \times 0{,}84$ m gross, das Flammenloch über der Feuerbrücke $0{,}94 \times 0{,}28$, also $\frac{1}{3}$ der gesammten Rostfläche; der Fuchs erhält nur $0{,}40 \times 0{,}32 = \frac{1}{6}$ der Rostfläche. Die freie Rostfläche beträgt ca. 0,4 der ganzen Fläche, ein Verhältniss, das natürlich nur ein ganz ungefähres sein kann, da es sich bei der Arbeit fortwährend ändert.

Eine Motivirung oder Ableitung der mitgetheilten Dimensionen wird nicht gegeben, namentlich nicht hinsichtlich des Verhältnisses zwischen der freien Rostfläche und dem Flammenloch. Als Schütthöhe werden 0,46—0,48 m angegeben, natürlich für Planrostfeuerung mit sofortiger vollkommener Verbrennung. Das Ofengewölbe liegt an der Mitte der Feuerthür, 0,67 m über der Herdfläche, hinten dagegen 0,6; es geschieht das übrigens bei allen Flammöfen mit grösserer Einsatzthür.

Die Höhe der Feuerbrücke über der Herdsohle, ein Maass, von welchem der Gang der Oxydation und der Grad der Befeuerung sehr stark abhängig sind, darf 0,38—0,40 m nicht überschreiten. Dass hierbei die Qualität des Brennstoffes irrelevant ist, darf nicht übersehen werden, da nur die Höhe der Feuerbrücke über dem Rost von der Natur des Brennstoffes abhängig sein kann.

Bei sehnigem Eisen kann man die Grösse der Einsätze steigern und gelangt auf diese Art zu Doppelöfen, in welchen 800 Kilo verpuddelt werden und von beiden Seiten gearbeitet wird. Die Thüren liegen sich manchesmal gegenüber, während sie an anderen Orten gegeneinander versetzt sind und der Herd durch eine Zusammenziehung gewissermaassen in zwei Herde getheilt ist. Selbst vierfache Puddelöfen sind in neuerer Zeit in Betrieb gekommen und sollen gute Resultate gegeben haben.

Alle diese Apparate sowie auch die Puddelöfen mit Vorherd (der nur mit Steinen ausgelegt und lediglich zum Vorwärmen des Roheisens bestimmt ist) ersparen bis zu einem gewissen Grad Brennstoff, da der Vergrösserung der Einsätze eine gleiche Vergrösserung des Perimeters und der Masse des Ofens nicht gegenübersteht, und da in Folge dessen die Erwärmungs- und Strahlungsverluste bei grösseren Oefen geringer ausfallen müssen als bei kleinen. Auch die Zeitersparniss, die bei Vorwärmern sich ergibt, verbessert das Ofenresultat hinsichtlich des Brennstoffverbrauchs.

§ 363. Urbin entwickelt (Guide pratique pour le puddlage du fer et de l'acier) folgendermaassen die für den Bau der Puddelöfen maassgebenden Principien.

Das Hauptmaass des Feuerraums ist die Entfernung des Feuer- oder Schürloches von der Rostfläche; durch sie regelt sich die Schütthöhe des Brennmaterials.

Bei gleichem Zug soll diese Abmessung für magere Kohlen grösser sein als für fette Kohlen, jedenfalls weil dann die Verbrennungserscheinung eine andere, günstigere, wird, indem sich mehr Destillationsprodukte bilden, die erst im Flammenloch brennen.

Die Rostfläche muss zur Herdfläche in einem gewissen Verhältniss stehen und man darf letztere nicht in beliebiger Weise vergrössern, ohne die Rostgrösse zu ändern. Urbin bezeichnet 1,50 qm als den gewöhnlichen Verhältnissen entsprechend gegenüber einer Rostfläche von 0,80 qm und knüpft daran folgende Betrachtungen.

Oefen mit 0,80 qm Rost- und 2,00 qm Herdfläche, welche bei Anwendung halbfetter Kohlen in Belgien vorzukommen scheinen, können kaum eine recht geeignete Flammenbildung verursachen.

Man ist in Belgien vielfach der Ansicht, dass die grössere Herdsohle auf die Arbeit fördernd einwirkt, und dass sich die Produktion auf diese Weise am leichtesten steigern lässt. Urbin gibt dies besonders für siliciumreiche Roheisensorten zu, behauptet aber, dass es ein rationelleres und weit ökonomischeres Mittel gäbe, nämlich die Anwendung von Doppelöfen sowie die Anlage von Vorwärmern.

Ueber das Verhältniss der Kohlenqualität zur Dimensionirung des Ofenherdes in den Puddelöfen gibt Urbin nur wenig an; dass es Kohlen gäbe, bei denen man die Herdfläche vergrössern könne, während man bei mageren Kohlen die Längsrichtung der Sohle verkürzen müsse, um der Flamme ausreichend Gelegenheit zur Berührung zu geben — das ist Alles.

Jedenfalls sind unter den einer Herdvergrösserung günstigen Kohlen solche verstanden, welche eine mehr als mittlere Gasmenge von schwerer Beschaffenheit liefern, also normale Backkohlen, die eine kräftige Flamme produciren. Auch die langflammigen Backkohlen gestatten noch recht grosse Herde, während kurzflammige Backkohlen nur schwach gegen jene concurriren können.

Die Dimensionirung des Herdes ist indess auch abhängig von dem zu verarbeitenden Material, bezw. dem herzustellenden Produkt.

Rohgehende Eisensorten und das Puddeln auf Sehne verlangen und vertragen grössere Herdflächen mit flacherer Muldung und geringerer Badtiefe, während gaargehende Eisensorten sowie das Puddeln auf Fein- und Grobkorn, besonders aber auf Stahl, kleinere und tiefere Herde verlangen. In letzteren wird der Frischprocess verzögert, aber die Qualität des Eisens ist eine bessere und namentlich gleichmässigere. Auch ist es dann leichter, eine schmauchende kohlenstoffreiche Flamme zu bilden und über dem Bade eine Schlackendecke zu haben. Gleichzeitig schützt man hierbei das Metall gegen jede Unregelmässigkeit im Schüren des Ofens.

Das Feuerloch muss hinlänglich gross sein, damit die Flamme nicht im Feuerraum zurückgehalten werde und darin verbrenne.

Das Gewölbe muss so gewölbt sein, dass das Feuer nach der Arbeitsthür hingeführt wird und auf den Herd sticht.

Am meisten wird der Gang des Ofens durch den Fuchs beeinflusst, dessen Abmessungen sich nach der Ausdehnung der Herdsohle sowie nach der Beschaffenheit der Kohlen regeln; die zum Theil aus verbrannten Gasen bestehende Flamme soll möglichst schnell aus dem Ofen treten.

Namentlich die Höhe soll bestimmend wirken und 0,20—0,25 nicht übersteigen. Urbin behauptet, dass im Fall zu grosser Höhe die Flamme sich in zwei Ströme spaltet, von denen der untere alle Kohlensäure enthält und das Eisen röstet, während der zur leichteren Kohlung des Eisens (S. 236) nothwendige reducirende Strom am Gewölbe entlang streicht, da er der leichtere ist.

Das Gleiche soll eintreten, wenn die Feuerbrücken zu niedrig sind; auch grosse Herdsohlen, welche naturgemäss übermässig weite Füchse verlangen, wirken ähnlich und steigern sowohl Abbrand als auch Kohlenverbrauch.

Kleine Füchse mit starkem Zug, der nach Bedarf durch Schieber oder Essenklappen geregelt werden kann, geben nach Urbin die besten Resultate.

§ 364. Eine wichtige Zugabe zu der Anlage und dem Haushalt eines Puddelwerkes bilden die mit der Ofenabhitze betriebenen Dampfkessel, welche die Kraft zur Bewegung von Hämmern, Walzwerken und Scheeren liefern.

Die Construktion derartiger Kessel unterscheidet sich von der gewöhnlichen Bauart der Dampfkessel hauptsächlich in der Heizflächengrösse pro Kraft- oder Leistungseinheit, dann in der grösstmöglichsten Einfachheit und Solidität.

Daher ist man von der Benutzung complicirterer Kesselsysteme, wie sie in den ersten Zeiten der Abhitzebenutzung für Kesselfeuerungen wohl mehrfach vorgekommen sind, zu einfachen, vorwiegend der Klasse der Walzenkessel (vgl. Band I, S. 302 u. 306) zugehörenden Construktionen zurückgekehrt.

Dies gilt ganz besonders für die Puddelöfen, deren ungleichmässige Feuerwirkung durch das Bedürfniss des Processes bedingt ist und genaue oder knappe Kesselverhältnisse nicht zulässt. Zudem bringt die Benutzung der Puddelofenabhitze eine Menge Verunreinigungen der Flamme mit sich, welche die Kesselaussenwände beschlagen und weit stärker beeinflussen, als es bei regelrecht befeuerten Kesseln eintreten kann.

Schon die Kessel hinter verschieden gehenden Flammöfen zeigen Unterschiede in der Leistung, indem der Quadratmeter Heizfläche und die Betriebsstunde bei Puddelöfen nur 13—14 Kilo und bei Schweissöfen 16—17 Kilo Dampf geben, sobald (in beiden Fällen) die Kessel rein sind.

Fehland (Kalender für 1886) gibt an, dass einfache cylindrische Kessel von 1,30—1,40 m Durchmesser bei 11—12 m Länge für 4,5—5 Atmosphären Ueberdruck zur Aufnahme der Abhitze eines Ofens am passendsten seien. Sie würden vorn auf $^2/_3$ des Durchmessers mit Wasser gefüllt und seien nach hinten stark geneigt.

Ihre Leistung sei dann bei Anwendung guter westfälischer Kohle und bei Vorhandensein guter Zugverhältnisse die oben angeführte. Eine Construktion mit gebrochener Axe und nach hinten geneigtem Hauptkesseltheil stellt Fig. 54 dar, welches bei den Puddelöfen Fig. 50 (S. 366) angelegt ist.

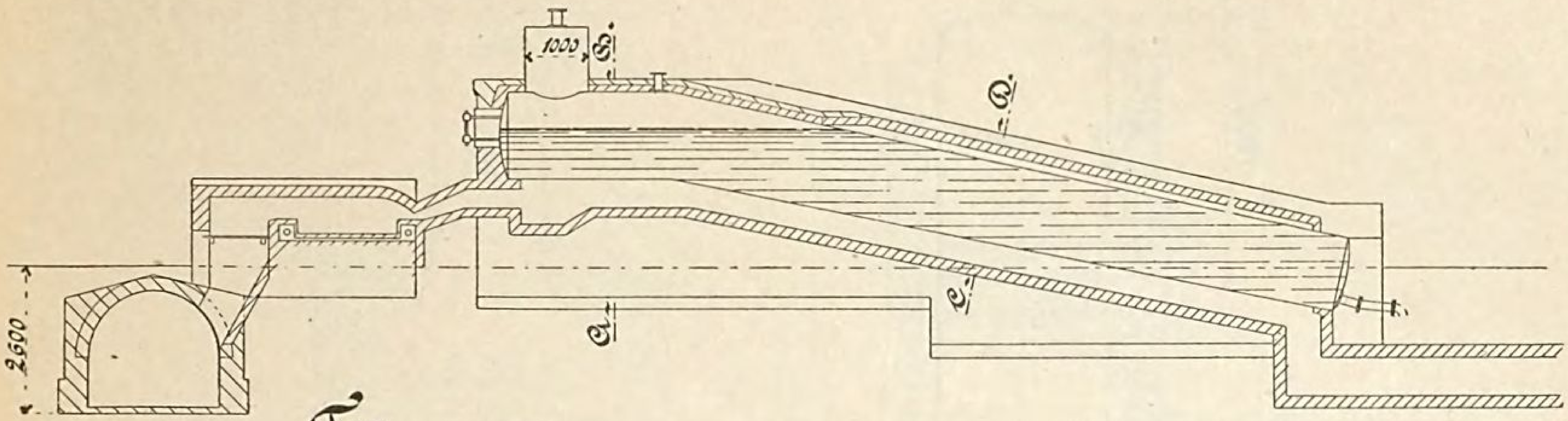
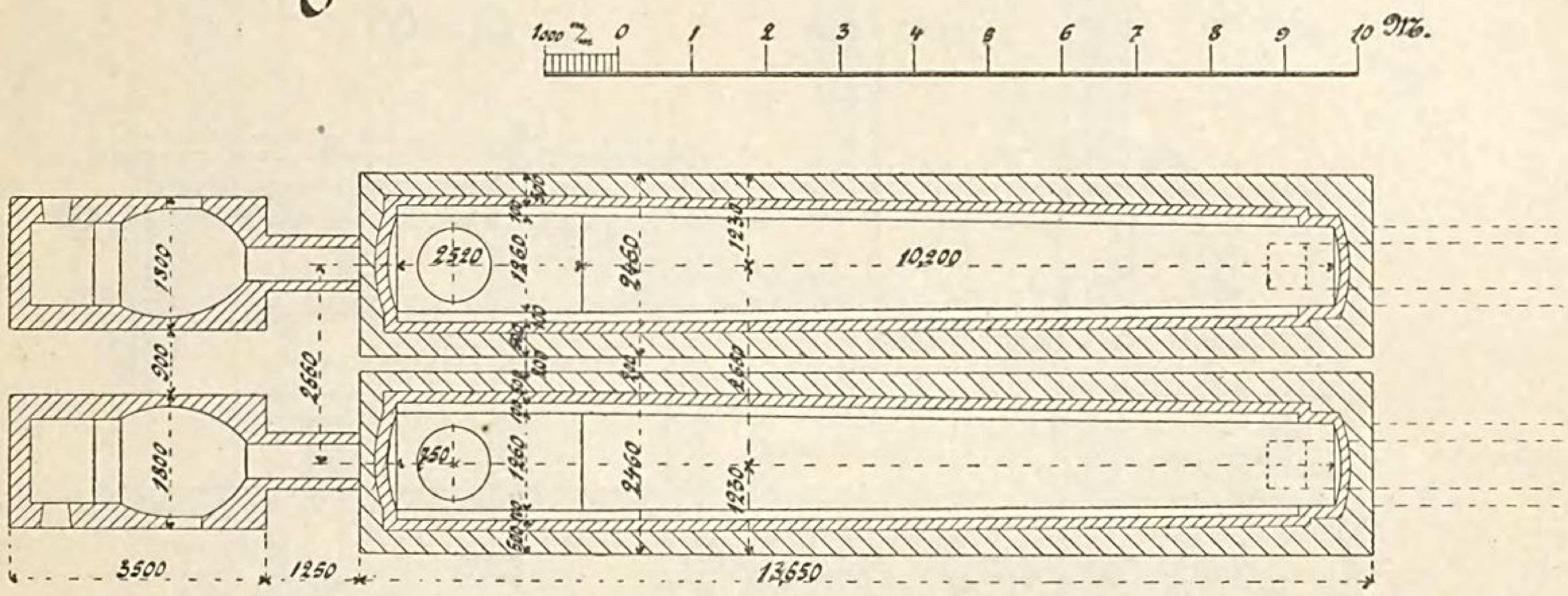
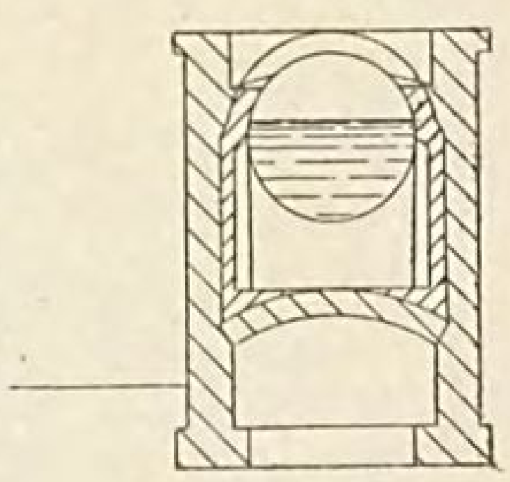


Fig. 54



Das Feuer umspült den horizontalen Theil etwa zu $^2/_3$ des Durchmessers, den schrägen Theil aber vollständig von einer Linie an, welche eine etwas unter der Wasserfläche gedachte horizontale Ebene bei ihrem Durchschneiden der Kesseloberfläche bildet. Der Haupttheil des Feuers geht indess doch unter dem Hinterkessel her und fällt in den unter der Hüttensohle liegenden Fuchs, der nach dem Hauptfeuerkanal hinzieht.

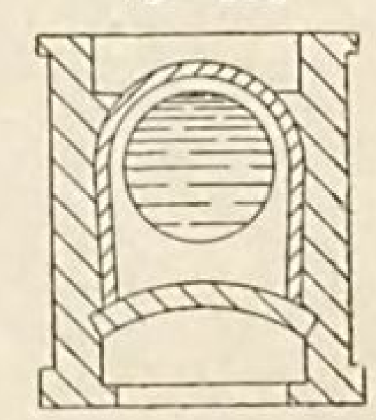
A–B.



Aehnliche Construktion haben die von Fehland erwähnten Schwanzkessel; nur hat der Hinterkessel einen geringeren Durchmesser. Der Hauptkessel soll 1,10 m Durchmesser haben, auf $^2/_3$ des Durchmessers im Feuer liegen und soll sich an einen stark geneigten Hinterkessel von 11,40 m Länge und 0,77 m Durchmesser anschliessen und in denselben übergehen. Derartige Kessel haben 45,4 qm Heizfläche und verdampfen an Oefen gewöhnlicher Grösse (mit 250 Kilo Einsatz) pro Quadratmeter und Stunde 12,33 Kilo Wasser.

Fig. 54 a

C–D.



§ 365. Stehende Kessel, wie sie bereits Band I, S. 306, §§ 714 u. 715 besprochen worden sind, sind im Allgemeinen nicht zu empfehlen und daher auch nur bei beschränktem Raum zu verwenden. Man macht sie 12—15 m hoch und pro Ofen 1,30—1,40 m weit mit einem 0,30 m über dem Feuerzug zu normirenden Wasserstand (Fehland a. a. O.).

Eine westfälische Construktion dieser Art ist in Fig. 55 wiedergegeben, bei welcher indess ein Punkt im Interesse der Haltbarkeit zu bemängeln sein dürfte. Es betrifft dies die Einmündung der Füchse und die Schutzlosigkeit der dieser Einmündung gegenüber sich befindenden Kesselbleche.

Bei dem auf Tafel XXXVI des I. Bandes dargestellten Kessel ist der Untertheil jedes der verkuppelten Sieder bis zu einer gewissen Höhe mit einem dünnen Steinmantel versehen, welcher die zerstörenden Einwirkungen der Stichflamme aufnimmt und den Kessel erst von da an blos lässt, wo der Feuer- oder Gasstrom bereits vollständig parallel zur Axe des Kessels läuft. Der starke Wasserdruck solcher stehenden Kesselanlagen nöthigt zwar immer zur Anwendung starker Bleche, besonders für die unteren Ringe; dies kann indess kein

Grund sein, den dem Feuer gegenüber liegenden Platten auch eine grosse Widerstandsfähigkeit in der Hitze zuzumuthen. Thatsache ist, dass sehr vielfach schon bei horizontalen oder schräg liegenden Kesseln der Fuchs

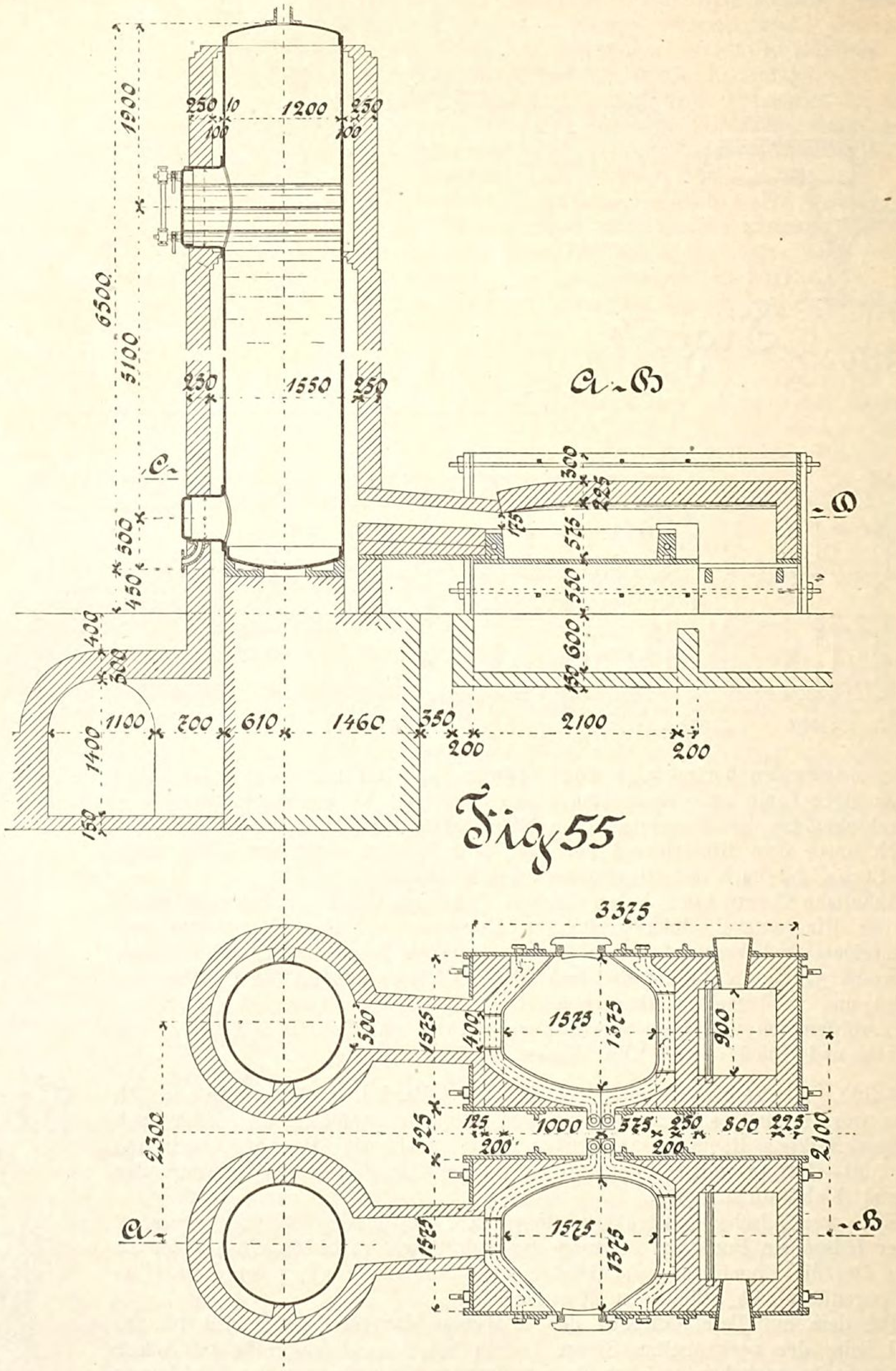


Fig. 55

gebrochen werden musste, wenn Injektoren oder gar stärkere Unterwindgebläse an dem Puddelofen thätig waren. Die Gase, nachdem sie den Kessel umspült haben, gehen auf der dem Eintritt entgegengesetzten Seite nach einem tiefer liegenden Fuchs herunter, welcher sämmtliche Gase der Oefen der Esse zuführt.

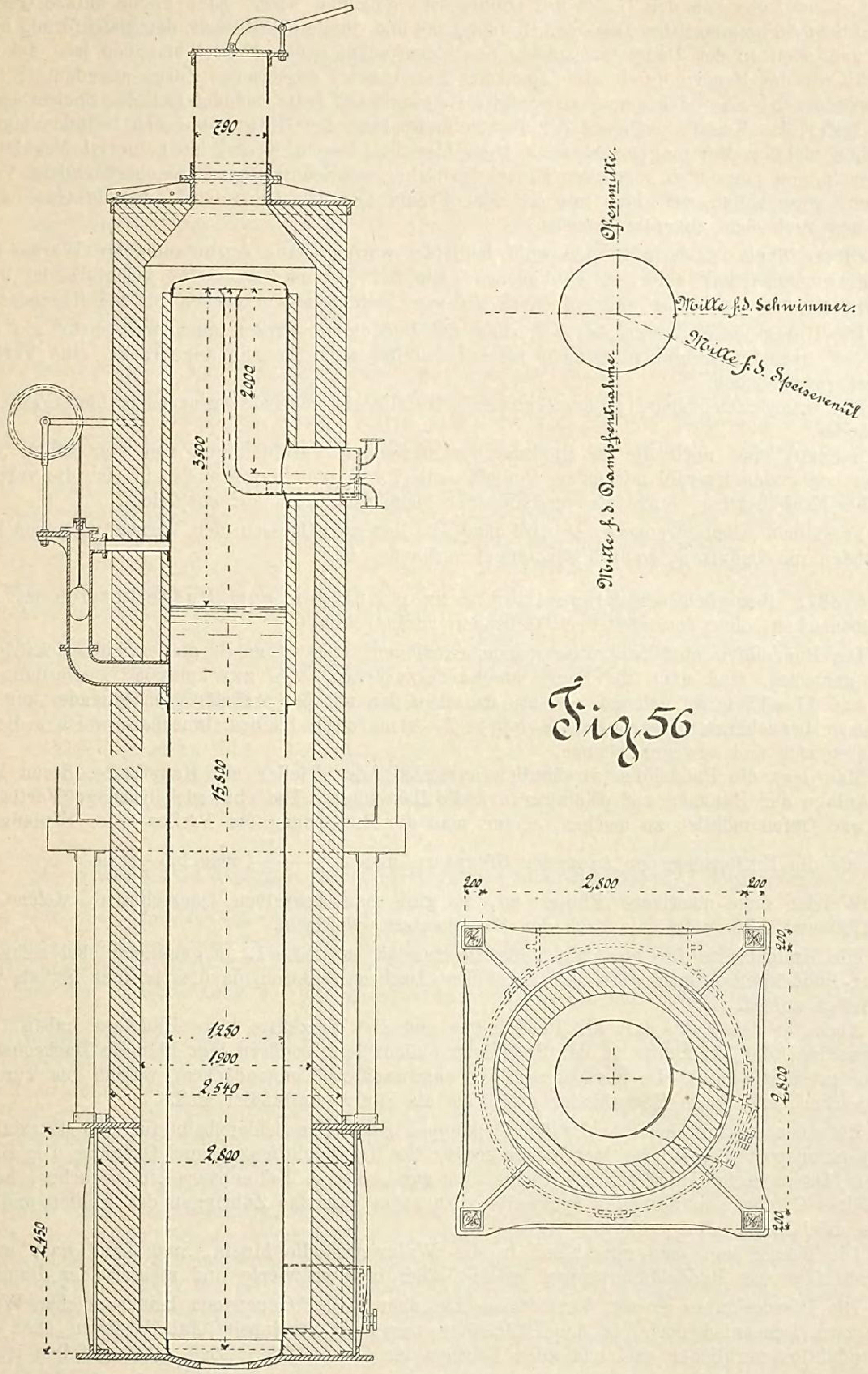

790
2200
3500
15,500
1,250
1,900
2,540
2,800
2,450
Ofenmitte.
Mitte f.d. Schwimmer.
Mitte f.d. Speiseventil
Mitte f.d. Dampfentnahme.
200
2,500
200
200
2,800
200

Fig. 56

§ 366. Eine analoge, ebenfalls nur einen Kessel pro Ofen einschliessende Construktion findet sich in Fig. 56 (S. 395) wiedergegeben und zeigt einen partiell in die Hüttensohle eingelassenen Bau, welcher erst in gewisser Höhe von den Gasen des Ofenfuchses getroffen wird. Eine kleine Skizze (rechts oben) veranschaulicht die gegenseitige Lage der Hauptorgane und -theile des Kessels, der gleichförmig cylindrisch gebildet und oben in der Dampfraumsphäre mit einem schützenden Mantel umgeben ist. Im Grundriss ist der Eintritt des Feuers durch eine (punktirt gezeichnete) gusseiserne Zarge angedeutet, in welche das Fuchsende ragt. Auf der dem Feuereintritt abgewendeten Seite befindet sich der Speisewasserzutritt, aber am Boden des Kessels, während der Feuereintritt über der Hüttensohle sich befinden muss, in der Skizze aber nicht weiter angegeben ist. Auch hier bei diesem Kessel ist keinerlei Verkleidung der dem Feuereingang gegenüber liegenden Kesseloberfläche zum Schutz gegen das oberflächliche Verbrennen vorgesehen, vermuthlich weil hier nur der Dampfraum ziemlich heiss wird, da die Gase nach oben drängen und auch oben abgeführt werden.

Dieser Theil ist deshalb auch wohl bekleidet worden. Die Ausnutzung der Wärme ist wegen der Parallelstromheizung keine so vollkommene wie bei Gegenstromkesseln; jedenfalls ist die Durchschnittsleistung eine geringere und eine noch grössere Heizfläche vorzusehen als bei liegenden Kesseln.

Die Unregelmässigkeiten der Feuerung am Puddelofen wirken auch weit mehr auf den Gang ein, und es erscheint deshalb noch mehr als bei den liegenden Kesseln angebracht, eine Verkuppelung der Kessel vorzunehmen.

Ein französisches Beispiel, aus Gruner's Metallurgie générale entnommen, bietet Tafel XXXVI des I. Bandes.

Bekannt sind noch die in England vorkommenden Verbindungen von vier hinter ebensoviel Puddelöfen stehenden Kesseln mit einem Dampfsammler, der dann naturgemäss in sich die verschiedenen Phasen des Kesselbetriebs sowie die verschiedenen Dampfqualitäten etc. ausgleicht.

Fasst man Alles zusammen, so wird man den liegenden Kesseln den Vorzug zu geben haben und die stehenden nur benutzen, wenn Platzmangel vorhanden ist.

§ 367. Bezüglich der Disposition ganzer Anlagen zum Puddelbetrieb ist Folgendes noch zu bemerken, ohne dem später zu Gebenden vorzugreifen.

Die Puddelöfen sind paarweise zusammenzulegen, und so nahe, als es die Rücksicht auf die Arbeiten gestattet, sind auch die Paare aneinanderzurücken. Als zweckmässige Entfernung sind von Axe zu Axe 11—12 m zu nehmen, so dass zwischen den mit den Arbeitsseiten einander zugewendeten Oefen zweier benachbarter Paare Räume von je 7—8 m Breite bleiben, innerhalb welcher die Arbeiter beider Oefen sich frei bewegen können.

Man legt die Puddelöfen gewöhnlich ausserhalb der Pfeiler der Haupthalle, deren Mittelraum für die Anlage der Hämmer und Walzwerke freibleiben muss. Um eine gleichmässige Vertheilung von Pfeilern und Oefen möglich zu machen, nimmt man die Entfernung der Pfeiler- oder Säulenmittel halb so gross als die Entfernung der Axen der Ofenpaare, also $\frac{11}{2}$ — $\frac{12}{2}$ oder 5,5—6 m.

Wendet man massivere Pfeiler an, so gibt man denselben Querschnitte, welche zwischen 1,80 × 1,20 und 1,90 × 1,25, je nach den Steinmaassen, wechseln.

Die Hallenbreite für die Puddelöfenanbauten ist mit 11—12 m genügend; bei mehr als einer Reihe von Puddelöfengruppen wiederholt man diese Dachconstruktion, da dies billiger ist, als wenn man grosse Hallen anlegt.

Auch für den Fall, dass die Puddelhütte und die Walzhütte eine Hauptaxe haben, setzt man die Hallenanlage der Walzhütte in der Puddelhütte nicht fort, sondern legt kleinere Dachconstruktionen an. Sehr grossartig sind die verschiedentlich angewandten Tonnendächer, welche bis zur Erdsohle herunterreichen, und deren Hauptbinder gleichsam als Säulen auffundirt sind.

Zwischen zwei Reihen von Puddelöfengruppen muss eine Schleppbahn für den Material- und für den Luppentransport bleiben, der man im Interesse der Uebersichtlichkeit und Ordnung 6 m Breite gibt. Ausserdem ist ausserhalb des für die Puddelöfen angeordneten Hallenbaues ein einfaches, besser noch ein doppeltes Geleise von normaler Spurweite anzuordnen, um das Zubringen der Kohlen und des Roheisens zu erleichtern.

Die Kessel legt man zum Theil in die Walzwerkshalle hinein, zum Theil nach aussen hin; bei Doppelreihen von Puddelöfengruppen ist dies allerdings schwierig und steigert den Raumanspruch.

Die Discussion so grosser Verhältnisse hat aber in der Gegenwart keinen solchen Werth mehr wie vor zwei Decennien noch, da den Puddelöfen nur noch vereinzelte Fabrikationen ohne erhebliche Massenproduktion verblieben sind und alles Uebrige den Converterprocessen anheimgefallen ist.

Auch der kleinere Antheil an der Fabrikation schmiedbaren Eisens, den die Puddelöfen noch haben, wird in nicht ferner Zeit verschwinden und mit ihm die letzten Puddelbetriebe.

3. Kapitel.

Anlage und Betrieb der zur Ausführung der Converterprocesse erforderlichen Einrichtungen.

§ 368. Die Einrichtungen zur Ausführung der Converterprocesse unterscheiden sich von den seither behandelten Einrichtungen für die Frischerei in sehr erheblichem Maasse. Es sind Apparate von enorm gesteigerter (bis dreissigfacher) Fassung und Betriebsgeschwindigkeit und in Folge dessen von einer vollendeteren maschinellen Ausrüstung.

Die Manipulation grosser Massen flüssigen Metalls in sehr hoher Temperatur stellte von vornherein so ungewöhnliche Anforderungen an die Apparate des neuen Processes, dass Bessemer zu der Idee des Verfahrens auch noch die Hauptstücke der äusseren Einrichtung hinzuerfinden musste, ehe der Process eine gangbare Form erhielt und seine allgemeinere Einführung möglich wurde.

Der bewegliche Frischofen, auch Retorte, Converter oder Birne genannt, war die hauptsächlichste dieser Erfindungen, welcher sich die hydraulischen Giess-, später die Hebekrahne, die Blockformen u. A. anschlossen. Dadurch bekam die ganze Ausstattung des Verfahrens etwas Abgerundetes, Geschlossenes, dessen Eindruck nicht wenig zu der raschen Verbreitung beigetragen hat.

Unter den Ausrüstungstheilen der Converterprocesse überhaupt sind solche von verschiedener technischer Bedeutung, obwohl im Betrieb selbst sich diese verschiedene Bedeutung oftmals ausgleicht und scheinbare Nebendinge vielfach mehr Sorgfalt und Arbeit in Anspruch nehmen als angebliche Hauptsachen.

So haben die Sicherungen gegen Brüche und Zerstörungen in der Druckwasserleitung der hydraulischen Bewegungsmechanismen und die Ventilconstruktionen für Gebläse und Pumpen oft mehr Kopfzerbrechen verursacht als die Details der Frischgefässe und Schmelzapparate.

Das Material der Blockformen hat anfänglich die Ingenieure ebenso beschäftigt wie die feuerfeste Garnitur der Converter, und ganz einleuchtend vortheilhafte Neuerungen, z. B. die Durchweichungsgrube, mussten bestimmter Betriebsansprüche halber uneingeführt bleiben.

Die folgenden Besprechungen umfassen an der Hand der Betriebsschilderung, soweit solche noch nicht im vorigen Abschnitte Platz gegriffen hat, folgende Gegenstände:

A. Anlage und Betrieb der Oefen zum Umschmelzen des Roheisens.
B. Converterconstruktionen, Aufstellung und Bewegung derselben.
C. Giesskrahne und Giesswagen.
D. Formen und Durchweichungsgruben.
E. Nebenapparate (einschliesslich Gebläse).

A. Anlage und Betrieb der Oefen zum Umschmelzen des Roheisens.

§ 369. Das Material der Converterchargen wird in flüssigem, oft sogar in hoch erhitztem oder über den Zustand vollkommener Flüssigkeit hinaus überhitztem Grade angewendet.

Um dies zu erreichen, bedarf man kräftiger Umschmelzapparate, welche gleichzeitig den schädlichen Einfluss der Umschmelzung auf ein Minimum herunterdrücken, bezw. einen solchen gar nicht aufkommen lassen.

Anfänglich wandte man ziemlich ausschliesslich Flammöfen mit Stein-, bezw. Braunkohlenfeuerung an, weil man glaubte, in solchen Apparaten das Roheisen in seiner einmal erprobten Beschaffenheit am intaktesten zu erhalten.

Dies erwies sich auch insofern richtig, als eine Aufnahme schädlicher Nebenbestandtheile oder eine Vergrösserung im Gehalt an solchen oder an lästigen Stoffen im Flammofen ausgeschlossen ist, wogegen aber eine leichte, oxydirende Einwirkung, besonders bei langsam eingehendem strengflüssigen Eisen, kaum vermieden werden kann, welche Einwirkung immerhin die Beschaffenheit der Einsätze in veränderlichem Grade beeinflusst und in manchen Fällen hinderlich wird.

Im Grossen und Ganzen wirkten aber die Flammöfen der gemachten, aus den Erfahrungen des Giessereibetriebes hervorgegangenen Voraussetzung entsprechend und würden auch heute noch im Betrieb sein, wenn nicht die Höhe des Brennstoffverbrauchs und der Unterhaltungskosten zur Aufsuchung und Ausbildung billigerer Umschmelzapparate gezwungen hätten.

Als man gelernt hatte, die Gebläseschachtöfen der Eisengiessereien, die Cupolöfen, energischer und mit grösseren Luftmengen zu betreiben als früher, als gleichzeitig die Reinheit der Cokes in Folge eingeführter Verbesserungen in der Cokerei gewonnen hatte, zauderte man nicht länger, die Anwendung der Cupolöfen zu versuchen, und es gelang in kurzer Zeit, den Cupolofen den Flammöfen zu substituiren.

Die letzteren blieben nur noch da bestehen, wo absolut keine Cokeskohle existirte und die sonstige Beschaffung von Cokes ausgeschlossen war, aber sie machten sehr bald Gasöfen Platz, welche mit geringerem Brennstoffverbrauch erheblich heisser und dabei sicherer arbeiteten.

Für die heutigen Verhältnisse sind daher die Cupolöfen in erster Linie als Umschmelzapparate der Converterprocesse zu verwenden; nur ausnahmsweise greift man zu Flammöfen und Gasfeuerungen. Diese letzteren werden nur dann den ersteren concurrenzfähig, wenn man ungewöhnlich billige Brennstoffe zur Verfügung hat, z. B. Braunkohlen oder gasreiche Steinkohlen, und dann tritt die Frage in den Vordergrund, ob es nicht vorgezogen werden muss, aus dem projektirten Umschmelzofen einen Stahlofen zu machen und anstatt zu convertiren, zu martiniren.

Nur bei Massenproduktionen von bedeutender Ausdehnung muss der Converterbetrieb vorgezogen werden.

§ 370. Von den früher (d. Band, S. 51) erläuterten Cupolofenconstruktionen benutzt man beim Betrieb der Bessemerwerke vorzugsweise diejenigen, welche eine bedeutende Leistungsfähigkeit haben und mit reichlichen Windzulässen versehen sind. Da die Eisenentnahme eine ziemlich regelmässige sein kann, so hat man bei der Wahl und Benutzung des Ofens nicht auf eine wechselnde Roheisenaufspeicherung Rücksicht zu nehmen, wie z. B. im Giessereibetrieb, und es braucht nur für die durchschnittliche Chargengrösse und in regelmässigen Zeitabständen gesorgt zu werden.

Da ein Cupolofen von mittlerer Grösse sehr bequem 50—100 Kilo pro Minute liefern kann, also 3—6 Tonnen in der Stunde, so ist es ein Leichtes, mit einer entsprechenden Schachtweite des Ofens 7—10 Tonnen in der Stunde zu schmelzen.

Es kommt thatsächlich nur auf die Steigerung der Cokesverbrennung an und mithin auf die eingeblasene Luftmenge. Die Steigerung der Produktion ist bei dem Roheisenschmelzen in einem fast unbegrenzten Maasse möglich, da die Zeit des Schmelzens selbst, d. h. des Ueberganges vom festen zum flüssigen Zustand, ein Minimum ist.

Dabei wird es nur auf den verlangten Grad der Vorwärmung ankommen, d. h. auf die nothwendig erachtete Anfangstemperatur der Charge, indessen ist bei Anwendung guter Cokes und bei richtiger Windführung die Wärmeübertragung auf das schmelzende und geschmolzene Roheisen doch eine sehr schnelle und sichere, um unter allen Umständen einzutreten, auch wenn der Ofenbetrieb sehr rasch gehen sollte.

Die Einführung der Gebläseluft durch mehrere Düsen und ihre dadurch hervorgebrachte Vertheilung im Ofengestell bringen leichter eine weitgehende und rasche Steigerung der Temperatur des Schmelzmaterials hervor als die Einführung in breiten und grossen Oeffnungen geringerer Anzahl. Diese letzteren scheinen wiederum günstiger für die Qualität des Roheisens zu wirken, da man den Oefen, bei welchen sie sich finden, die Eigenschaft nachrühmt, ein trotz sehr hoher Ueberhitzung doch rein und weich gebliebenes Eisen zu liefern.

Für die möglichst unveränderte Roheisenqualität ist jedenfalls eine vorwiegende Kohlenoxydproduktion in der Schmelzzone des Cupolofens von Wichtigkeit, und da eine solche Produktion eine Temperatur von 1700° den Verbrennungsprodukten zu verleihen vermag, so genügt die Kohlenoxydproduktion wohl in den meisten Fällen zur Vorwärmung des geschmolzenen Roheisens.

Die weitere Verbrennung des Kohlenoxyds im Cupolofen durch Luftüberschüsse etc. geschieht vermuthlich erst in höherer Sphäre und steigert natürlich den Durchschnittseffekt des Brennstoffes durch bessere Vorwärmung des Roheisens.

In welcher Weise thatsächlich die Kohlenstoffverbrennung auch verlaufen mag, soviel ist sicher, dass die Atmosphäre des Ofens, d. h. die Gassäule desselben, neben Stickstoff vorwiegend Kohlenoxyd wird erhalten müssen, und dass aus diesem Grunde alle Oefen mit stark gepressten Windeinzelströmen weniger günstig sind als die mit breiten, aber schwächer gepressten Strömen.

Da es in neuerer Zeit gelungen ist, auch mit den letztgenannten Oefen einen sehr niedrigen Cokesverbrauch herbeizuführen, so steht in ökonomischer Hinsicht nichts im Wege, sich für die eine oder die andere Art des Windeinlasses zu entscheiden, und man findet in Folge dessen die Ireland'sche Construktion mit der von Krigar u. A. in voller Concurrenz angewendet (cf. die Erörterungen unter S. 51 u. ff., § 81 etc. dieses Bandes).

§ 371. Um die an vorstehend erwähnter Stelle gegebenen Notizen zu vervollständigen, ist auf Tafel XX dieses Bandes ein für ein Stahlwerk construirter Cupolofen, der sich wesentlich an Ireland's System anlehnt, dargestellt.

Wie es die in die Oberhälfte der Fig. 1 eingezeichnete Skizze des ganzen Ofens angibt, ist derselbe auf 7,90 m Höhe in eine eiserne Armatur eingebaut, auf welche dann noch 2,10 m cylindrisches Mauerwerk kommen, um die Flammen aus dem Dach der Schmelzhütte hinauszuführen (cf. Tafel XXIII, Fig. 3 bei 8,8).

Bei 5,900 m über der Sohle des Schmelzraumes befindet sich die Schwelle der Aufgabethür, während die Gichtebene 0,8 m tiefer liegt. Dadurch ist das Aufgeben ein völlig bequemes, denn der gedachte Abstand von 0,80 entspricht der im gewöhnlichen Leben angewandten Tischhöhe (30 Zoll rhein.).

Das Detail der Aufgebeöffnung und der mit Gegengewicht und Gradbogenhebel bewegten Thür ist aus Fig. 2 ohne Weiteres verständlich; jede andere, gleich einfache und bewegliche Verschlussmethode ist natürlich ebenfalls anwendbar, auch kann man beim Vorhandensein höherer Kamine auf den Oefen mit offener Gichtenthür arbeiten.

Die Schmelzzone ist wie bei allen Irelandöfen eingeschnürt und mit zwei Reihen Düsen besetzt, eine obere Reihe mit acht Düsen von 65 mm im Quadrat lichter Oeffnung und eine untere mit fünf Düsen von 150 mm grosser kreisförmiger Oeffnung. Der Wind tritt aus dem von den Gebläsen herkommenden Hauptzuleitungsrohr von 500 mm Durchmesser zuerst in den Windring der oberen Düsenreihe und dann durch eine mit Schieber regulirbare und auch verschliessbare Oeffnung in den Windring der unteren Düsenreihe. Beide Reihen sind mit Visiren in der Aussenwand versehen, um neben der Beobachtung des Ganges auch das Putzen der Einlässe zu ermöglichen.

Man bemerkt leicht, dass die Vertheilung der oberen Düsen keine ganz regelmässige ist, und dass an einer Stelle ein grösserer Zwischenraum zwischen zwei benachbarten Düsen sich findet als an allen anderen. Da diese Stelle sich gerade gegenüber dem Haupteinlass des Windes befindet (cf. Fig. 3 der citirten Tafel), so kann man annehmen, dass der Construkteur dem unmittelbaren, zu starken Blasen an dieser Stelle durch den nun geschaffenen Anprall des Windes begegnen wollte.

Die sämmtlichen Formöffnungen sind mit eisernen Stutzen gefüttert, die bis an die in flachen Nischen der Schachtinnenfläche liegenden Mündungen reichen. Die unteren Düsen oder Formen haben einen doppelten Windmantel, welcher zur gleichmässigen Vertheilung sehr beitragen dürfte, andererseits aber wieder zu einer Arbeitssteigerung bei den Bläsern führt.

Von dem äusseren dieser beiden Windringe führen rechts und links zwei mit abnehmbaren Knieröhren versehene engere Windleitungen nach dem Eisenreservoir oder Gestell des Ofens. Sie münden in verschiedene Niveaus ein und dienen offenbar dazu, den Boden des Ofens vor dem eigentlichen Anblasen warm zu machen und das Bilden kalter, erstarrter Eisenansätze zu hindern. Nach erfolgtem Anblasen werden die Kniedüsen abgehängt, das herabkommende Rohrstück verschlossen und die Oeffnungen in der Ofenwand mit Chamotte verstopft.

Die Einrichtungen zum Abstechen und zum Schlackenablassen sind auf verschiedenen Seiten des Ofens eingerichtet; Fig. 1 zeigt Schlackenrinne und Ausräumethür, der Stich wird am besten gegenüber angeordnet. Eine etwas reinere Arbeit wird durch die Anordnung mehrerer, verschieden hoch liegender Schlackenstiche befördert, durch die man eventuell die Schlacken vor dem Abstich entfernen kann. Indessen kommt es bei den hier besprochenen Umschmelzöfen im Ganzen nicht so sehr auf derartige Vorsichtsmaassregeln an, da man das Abstechen gut abbrechen kann, wenn die Schlacke kommt.

Für die Bequemlichkeit der Arbeiter ist aber die Entfernung der Schlacke auf der dem Stich entgegengesetzten Seite immer die beste Anordnung.

§ 372. Ausser den für die Schmelzung der Hauptchargen gebrauchten grösseren Oefen bedarf man bei den Converterprocessen noch kleiner Cupolöfen oder anderer Umschmelzapparate, um die Spiegeleisenchargen oder ähnliche Zusätze zu schmelzen.

Wegen der geringen Quantitäten, welche hiervon nöthig sind, wendet man Oefen von minimalen Querschnitten an und geht hierin so weit herunter, als aus anderen Gründen thunlich ist. Wollte man den Querschnitt dieser Spiegeleisen- oder Zusatzöfen einfach proportional aus dem Verhältniss der Durchsatzquantitäten beider Ofensorten ermitteln, so würde man wahrscheinlich zu Abmessungen gelangen, welche ihrer Kleinheit wegen unausführbar sein würden. Man führt deshalb lieber einen langsamen, sogar unterbrochenen Betrieb auf einem Ofen, der noch gross genug ist, um ausgemauert werden zu können.

So sind die Spiegelöfen des auf Tafel XXIII dargestellten Stahlwerkes anscheinend nur wenig enger als die Einschnürungen der grösseren Umschmelzöfen, d. h. 0,8 gegen 0,9 m Durchmesser.

Dadurch, dass man diese Art Oefen ebenso hoch machen muss als die anderen, um ebenso über den Dachfirst hinauszukommen, werden sie von selbst etwas geräumiger angeordnet. Das auf Tafel XXV dargestellte amerikanische Bessemerwerk hat den Spiegelöfen, welche ebenfalls die eingeschnürte Ireland'sche Construktion zeigen, Durchmesser von pptr. 0,75 und 0,40 (an der engsten Stelle) gegeben. Dadurch sind die Oefen vollkommen zugänglich für den dieselben ausmauernden Arbeiter und leicht zu repariren. Sie verbrauchen allerdings sehr viel Cokes und arbeiten wegen des geringen Anstrengungsgrades äusserst unvortheilhaft. Warum man nicht schon längst Oefen mit abnehmbarem Schmelzraum, der auf Rädern steht und zurückgefahren werden kann, zu benutzen versuchte (cf. Wilhelm Wedding's Ofen in Dürre, Eisengiessereibetrieb, Band I, Tafel V, S. 362, § 53), ist nicht bekannt. Man vermag ja nach den Erfahrungen der Eisengiessereien die bei den Zusätzen der Converterchargen erforderlichen Satzgrössen mit ganz kleinen Oefen in kürzester Zeit zu schmelzen, oft indem man den Ofen erst anbläst.

Jedenfalls kann man mit zwei Spiegelöfen der heute auf den Converterhütten üblichen Construktion den stärksten Anforderungen begegnen und reicht damit vollkommen auch bei mehr wie zwei Convertern aus.

Der continuirliche Betrieb eines 0,80 m weiten Ofens würde bequem 12 Zusätze von 250 Kilo in der Stunde liefern können, also das Zusatzmaterial zu 12 × 24 oder 288 Converterchargen, so dass augenscheinlich eine um das acht- bis zehnfach zu grosse Leistungsfähigkeit den benutzten Spiegelöfen zugeschrieben werden kann, zumal es sich doch durchschnittlich um ein weit leichter schmelzbares Material wie bei den Hauptöfen handelt.

Ein etwas besseres Verhältniss zeigt die Anlage von Ougrée, welche Spiegelöfen von 0,50 m Maximalweite betreibt, während die Chargenöfen 1,30 m grössten Durchmesser haben (vgl. Fig. 2 auf Tafel XXII). Jedenfalls vermag man mit noch weniger auszukommen, wenn man nur in der Lage ist, beim Ausbessern durch irgend eine Construktion der Armatur in das Innere des Ofens zu gelangen.

Bei schärferem Betrieb hat man immer Vortheile, da die Strahlungsverluste der Oefen sich lediglich nach der Zeitdauer bemessen, und da auch die Cokesverbrennung in wenig vermindertem Maasse weiter geht, wenn öfters kurze Zeit pausirt werden muss.

§ 373. Bezüglich der Benutzung der Flammöfen ist zu bemerken, dass man natürlich nur diejenigen Constructionen vorziehen wird, welche am leistungsfähigsten sich erweisen.

Als solche haben sich vorzugsweise die Oefen mit unmittelbar hinter der Feuerbrücke vertieftem Herd bewährt, wobei auf die Fig. 38b, S. 68 dieses Bandes als ein vollkommen normales Beispiel verwiesen wird. Die bei dem angezogenen Apparat aus lokalen Ursachen vorgesehene Zurückführung des Fuchskanals unter die Herdsohle, um diese warm und besonders trocken zu erhalten, braucht nicht nachgeahmt zu werden, sondern man schliesst den Fuchs besser unmittelbar an den Essenfuss an.

Derartige Flammöfen mit vertieftem Herd verändern das Eisen weniger als die auf S. 66 und S. 67 unter Fig. 38 und 38a abgebildeten Flammöfen mit gestrecktem Herd, welche, wie bekannt, auch durchgehends schlechter arbeiten.

Der Betrieb für das fortgesetzte Einschmelzen von Bessemerchargen stellt an die Construktion solcher Oefen sehr hohe Ansprüche. Die Oefen müssen in ziemlich kurzer Zeit die flüssigen Chargen abliefern und werden viel mehr angestrengt als bei gewöhnlichem Betrieb, wie ihn die Eisengiessereien gelegentlich führen.

In Hörde, dessen ältester Betrieb wohl den besten Vergleich bietet, weil die dortigen Kohlenqualitäten der Benutzung der Cokes und damit der Verwendung von Cupolöfen ebenso günstig sind als der direkten Kohlenbenutzung, schmolz man für zwei Converter zu 3 Tons Einsatz in vier grossen und zwei kleinen Flammöfen das Chargenmaterial ein.

Die Einsätze, mit 60 — 80 Centner = 3 — 4 Tons bemessen, wurden im bereits heissen Ofen in je 1½ Stunden niedergeschmolzen, während die Ausführung der ersten Charge in einem kalten Ofen 2½ — 3 Stunden in Anspruch nahm. Unmittelbar nach dem Abstechen des Roheisens in die Converter wurde die neue Charge hineingebracht und so weiter fortgefahren, bis der Herd einer gründlichen Reparatur bedurfte, was der Regel nach hinter jeder sechsten Charge eintrat, also nach etwa zwölfstündigem Betrieb (wenn man 3 Stunden auf die für Rostputzen etc. nothwendigen Zwischenpausen rechnet). Man brach dann die auf dem Herd festsitzenden Rinden und Sauen weg und brachte eine neue Sandbettung hinein.

Ausser dieser täglichen Ausserbetriebsetzung erforderte die alle acht Tage nothwendig werdende gründliche Reparatur der Gewölbe, die selten mehr als die genannte Frist ausdauerten, eine längere Unterbrechung des Betriebes.

Der Kohlenverbrauch ging jedenfalls (obwohl genauere Angaben darüber nicht gemacht wurden) nicht über 35—40/₀₀ herunter, während beim jedesmaligen Anheizen 80—100/₀₀ der Einsätze verbrannt worden sind.

Dieser hohe Brennstoffverbrauch sowie die starke Reparaturbedürftigkeit, welche ein starkes Ofeninventar nöthig machten, verursachten nach und nach eine Reihe von Versuchen mit den Cupolöfen besserer Construktion, welche denn auch die Flammöfen rasch verdrängten. (Vgl. Dürre, Ueber die relativen Vorzüge des Cupolofen- und des Flammofenbetriebes für das Einschmelzen der Bessemerchargen, mit besonderer Beziehung auf die Bessemerwerke von Rheinland-Westfalen, sowie die Cupolofenprofile der Neuzeit — Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1869, S. 313.)

§ 374. Es blieben indess noch Fälle übrig, in denen von der Benutzung der Cupolöfen Abstand genommen werden musste und aus ökonomischen Gründen auch konnte. Beim Vorhandensein äusserst billiger Brennstoffe, die indess zur Cokesdarstellung unbrauchbar sind und bleiben, z. B. Braunkohlen besserer Qualität, behielt man die Flammöfen zum Roheisenumschmelzen bei oder ersetzte sie durch Gasöfen, welche eine entsprechend hohe Temperatur zu geben vermochten.

Hierzu genügten alle Construktionen mit ganzer oder auch mit theilweiser Regeneration der Wärme; die letzteren, welche zur Ausführung des Martinprocesses nicht immer mit gleicher Sicherheit die erforderliche Wärmeleistung zu geben vermögen (Versuche in Ougrée und a. a. O.), genügen zur Roheisenschmelzung vollkommen.

Man kann alle die in Betracht kommenden Systeme, Boëtius, Bicheroux, Ponsard u. A., zur Verwendung bringen. Das System Siemens ist natürlich ebenfalls sehr brauchbar, besonders bei nicht sehr schweren Brennstoffen, und gestattet eine für manche Fälle, z. B. den basischen Process, sehr nothwendige und vortheilhafte Ueberhitzung des Roheisens.

Ueber Einrichtung und Betrieb solcher Umschmelzanlagen ist nicht viel Besonderes zu sagen; dieselben unterscheiden sich in beiden Beziehungen kaum von den Martin-Siemensanlagen.

Ein Beispiel mag aber hier angeführt werden, welches aus neuester Zeit stammt und die Aufmerksamkeit der Ingenieure erregt, bezw. verdient hat: die Umschmelzöfen der Teplitzer Stahlhütte.

Dieses wesentlich auf Braunkohlenverwerthung gegründete Werk am Südhang des Erzgebirges verarbeitet Ilseder und Kladnoer Eisen zu Thomasprodukten und benutzt einen Brennstoff von fast beispielloser Billigkeit.

Die zur Heizung sämmtlicher Kessel (soweit solche nicht von der Abhitze der Oefen geheizt werden) gebrauchte Kohle ist eine von der benachbarten Zechenverwaltung zur Verfügung gestellte klare Kohle, deren Preis sich einschliesslich Anfuhr etc. auf 15 Kr. = nominell 0,30 Mk. pro 1000 Kilo stellt. Neben dieser zur Krafterzeugung verwendeten Kohle bezieht die Hütte zur Ofenheizung noch Mittel II (Doppeltfaustgrösse) und Würfel (kleinere), deren Preis als der von anderweit verkäuflichem Material etwas höher als der vorgenannte ist.

Die Generatoren der Umschmelzöfen haben hohe Treppenroste und eine sehr grosse Capacität, 5—8 qm Fläche pro Ofen; sie entsprechen im Grossen und Ganzen den von Siemens für böhmische und andere Braunkohlen angegebenen Constructionen ziemlich genau, wenn auch natürlich hierbei allerlei scheinbar kleine, in Wirklichkeit recht einflussreiche Aenderungen herausexperimentirt worden sind.

Die Gase passiren eine durch Wasserkästen bewirkte Condensationsvorrichtung, deren Wirkung man indessen nicht zu hoch veranschlagen darf, da die Gase noch über 400° heiss in die Kammern gelangen. Aus den letzteren treten sie über breite Feuerbrückenflächen in den Ofen (wobei die Gas- und Luftströme über-, nicht nebeneinander und getheilt streichen); der Ofenraum hat 6—7 qm Metallfläche bei vollem Bade und kann bei 200—400 mm Badtiefe 13000 Kilo = 2 Chargen à 6500 Kilo fassen, was eine hinlängliche Betriebsgrundlage bildet.

Das Herdbecken ist aus einem Stück Armatur hergestellt, so dass ein Lecken desselben höchstens an den Feuerbrückenanschlüssen möglich ist. (Vgl. Dürre's Hüttenmännische Reisestudien, Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1883.)

Die Länge des Herdes ist 3,8 m, die Breite 2,0 m und das Eisenbad einer Charge ist dabei 0,3 m tief. Die Luftregeneratoren enthalten 15,5 cbm, die Gasregeneratoren dagegen 14,5 cbm.

Das Schmelzen der Charge geschieht in 2 Stunden, wenn in den heissen Ofen eingesetzt ist, so dass in 24 Stunden ein Ofen bequem acht Einsätze oder Chargen verarbeiten kann. Der Brennstoffverbrauch beträgt $45/_{00}$ des Einsatzes an Nusskohle. Von Interesse ist die Manganverminderung, die das Roheisen in diesen Oefen erfährt, und welche stellenweise von $2/_{00}$ in Einsatz auf $0{,}6/_{00}$ in Produkte herabgeht. (Vgl. Stahl und Eisen 1883, S. 214.)

B. Anlage und Betrieb der Converter, Aufstellung und Bewegung derselben.

§ 375. Die Converter (Retorten, Frischbirnen genannt) sind drehbare Gefässe, welche die flüssige Roheisencharge aufzunehmen und während des Frischens einzuschliessen bestimmt sind. Sie bestehen aus Eisenconstruktionen mit eingesetzten oder eingestampften dicken Futtern feuerfester Massen und müssen sehr stark und kräftig gebaut werden, um sowohl der hohen Temperatur des Inhalts als auch dem beträchtlichen Gewicht desselben, dann auch den Stössen und Erschütterungen bei den im Innern sich abspielenden heftigen Reaktionen Widerstand zu leisten.

Die Form derselben ist wesentlich die eines kurzen Cylinders, der nach unten mittelst sphärischen Uebergangsstücks in eine Bodenfläche übergeht, in welcher die Windeinströmungen liegen, während das obere Ende, eine schräg stehende kegelförmige Schnauze, sich ebenfalls mittelst eines Kugelflächenstücks an den cylindrischen Mitteltheil anschliesst.

Eine längliche Glasretorte mit schräg aufstehendem Hals scheint im Wesentlichen das Modell gewesen zu sein, nach welchem Bessemer seine ersten Converter gebaut hat. Derartige ältere Gestalten sind wiedergegeben auf Tafel XI und auf Tafel XXI, einer Zusammenstellungszeichnung eines älteren westfälischen Stahlwerkes.

Diese älteren Converter zeigen eine dreitheilige Armatur aus Guss- und Schmiedeeisen und bestehen

1. aus dem cylindrischen Mittelstück, auf welches auch der Gürtel mit Zapfen aufgetrieben und befestigt ist;
2. aus dem konischen Ober- oder Mundstück, der Schnauze, welche auf einem kurzen, in die Cylinderform des Mittelstücks übergehenden sphärischen Theil schräg aufsitzt;
3. aus dem grossentheils sphärischen, unten mit der Ansatzfläche des Windkastens abgestumpften Untertheil mit ablösbarem Boden und Windkasten.

Bei diesen älteren Convertern bemerkt man einen in der inneren Profillinie einspringenden Winkel am Ansatz des konischen Mundstücks auf dem sphärischen Uebergangsstück (vgl. Taf. XI, Fig. 3 die punktirte Profillinie des Inneren).

Dieser Vorsprung, welcher natürlich von den Eruptionen des Processes am stärksten getroffen und rasch angegriffen wurde, ist bei späteren Constructionen fortgelassen worden, wie alle anderen, weiterhin mitgetheilten Profile zeigen werden. Nur in Ausnahmefällen hat man diese Profilirung noch weiter verwendet (cf. die in der Textfigur Fig. 60b mitgetheilte schwedische Converterconstruktion für kleine Chargen aus einem Holzkohlenhochofen). Auch im Kleinbetrieb sowie in einigen neueren Abarten der Converterprocesse hat man sich der alten Gestalt genähert.

Die Profilirung des Converterinneren, wie sie jetzt fast allgemein angewandt wird, geht aus den Darstellungen der Taf. X u. a. hervor, welche deutlich zeigen, dass die vielfache Theilung von Futter und Armatur gar nicht im ursprünglichen Umfang nothwendig ist, sondern sich auf Hauptstück und Boden beschränken kann.

§ 376. Die Armatur anlangend, so wird die Umkleidung des Converters aus schwerem Blech hergestellt, welches in passender Weise zusammengenietet und durch Winkel etc. hinlänglich versteift wird. Der Constructionsmodus ist ziemlich gleichgültig; falls nur die nothwendige Steifheit und Solidität vorhanden ist, kann jede in der Herstellung ausreichend wohlfeile und bequeme Zusammensetzung gewählt werden. Die Dicke der Bleche wird verschieden genommen, doch nicht viel unter 20 mm, besonders für schwerere Chargen; die Vernietungen werden der Blechstärke entsprechend bemessen.

Ein Hauptpunkt bei der Construktion der Converter ist die Befestigung der Zapfen, um welche der Converter sich umschwingen lassen soll. Die ersten Constructionen bereits zeigten einen hohen Ring, an welchem die Zapfen sassen und welcher auf dem Mitteltheil des Converters in geeigneter Weise befestigt war.

Anfänglich schmiedete man diesen Zapfenring; später wandte man sich dem Gusseisen, auch dem Façonstahlguss zu und gelangte dadurch zu einer grösseren Billigkeit der Herstellung, da, abgesehen von der Rohfabrikation, nun auch die Bearbeitung eine einfachere und billigere wurde.

Das Profil des Zapfenringes oder Gürtels wurde zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten ein vielfach verändertes.

Tafel X zeigt z. B. zwei durchaus abweichende Querschnittsformen, eine Uförmige Gestaltung und eine Tgestalt, unter welcher allerdings noch eine verstärkende Platte oder Blechlage um den Mantel des Gefässes gelegt ist. Die Befestigung erfolgt durch einzelne Blech- oder Winkelstücke, deren eine Reihe vor, die andere aber nach dem Aufziehen des Ringes vernietet werden. Die Ansicht Fig. 3, Taf. XI zeigt die Anwendung solcher Blechplättchen mit je vier Nieten.

Oft wird auch der Gürtel durch zwei vollständige Winkelreifen, um den ganzen Converter herumgehend, besetzt, wie es die Ansicht Fig. 2, Taf. XIV deutlich zu erkennen gibt, wo aber alsdann der untere Ring an dem abtrennbaren Unterstück sitzt und mit durch den Gürtel hindurchgehenden Schraubenbolzen und Keilen an den Gürtel angezogen wird. Eine solche Befestigung ist viel besser und richtiger als die schwache Vernietung in Fig. 1 der Taf. X, welche kein nachahmenswerthes Beispiel bildet, abgesehen von der Schwierigkeit von Nietenverbindungen auf Gusseisen.

Die beiden Converterprofile auf Taf. X haben an bestimmten Stellen der Innenseite des Mantels Winkeleisenringe angenietet, welche zur besseren Haltung des Futters angebracht zu sein scheinen; beide liegen am Unterende der Haube oder des Mündungstheils.

§ 377. Eine recht originelle Armatur zeigen die amerikanischen Converter sowohl älterer als neuerer Bauart.

Ein etwas neuerer Converter dieser Construktion ist in Taf. XII nach einer Mittheilung der Jernkontorets Annaler (1877, Taf. XI) reproducirt und zeigt, dass das Gürtelstück wesentlich aus Gusseisen besteht und einen mit dickem Ober- und Unterflansch versehenen Cylinder darstellt, an welchem die Zapfen beiderseits sowie ein Stück des Windkanals einerseits angegossen sind.

Der Cylinder ist nicht sehr dickwandig und wird innen durch eine zweitheilige Blechschale verstärkt, welche unten und oben sowie an zwei Seiten an das Gusseisen angenietet ist.

Um die Zapfen vor dem Ausbrechen zu schützen, sind dieselben durch je zehn strahlenförmig auslaufende hohe Rippen mit dem Cylindergürtel und mit den Flanschen desselben verbunden. Acht von

diesen strahlenförmigen Rippen haben eine geknickte Figur und laufen mit den Enden normal auf die Flanschen zu. Vgl. die Seitenansicht Fig. 1 der genannten Tafel.

In die entsprechenden Löcher des oberen Flansches passen die Enden von mit Lappen an der Haube festgenieteten Bolzen, die unterhalb der Flansche festgekeilt werden.

Der untere Flansch des Gürtelstücks wird mit dem Winkeleisen des Untertheils durch einfache Keilbolzen verbunden, deren Köpfe auf der Oberseite des Flansches liegen, während die Verkeilung von unten her stattfindet.

Von dem Hohlzapfen zur Einführung des Windes an geht ein an den Gürtel angegossener, zuerst rechtwinkelig profilirter, dann runder, d. h. cylindrischer Kanal in gekrümmter Richtung nach unten und der Anschlussflansch desselben bildet eine lappenartige Ausbauchung des Gürtelflansches selbst, auf dessen Oberseite das runde Stück des Kniees rechtwinkelig aufsitzt. Von da an bis zum Windkasten vermitteln getrennte Rohrstücke die Windfortleitung und sind auf die einfachste und leichtest lösbare Weise verbunden.

Diese bereits aus der ersten Zeit der Einführung des Bessemerprocesses datirende amerikanische Armatur, über welche schon das bekannte Werk von Smith (New York, van Nostrand, 1872) und die Artikel von Holley u. A. berichteten, scheint sich bewährt zu haben, denn die Berichte über die Philadelphiaer Ausstellung geben zum Theil genauere Darstellungen derselben von verschiedenen Orten.

Die Skizze in der Zusammenstellungszeichnung Taf. XXV lässt deutlich eine gleiche oder ähnliche Construktion erkennen, besonders im Aufriss Fig. 1 bei *F*, während bei dem Grundriss Fig. 2 die Verrippungen fortgelassen worden sind.

§ 378. Ganz andere Gürtelconstruktionen entstanden mit Einführung der basischen Processe, welche eine rasche Erneuerung des Mantels auch im Bereich des Gürtelstückes verlangten.

Man war bei diesem Betrieb, besonders zu Anfang, gezwungen, sehr oft zu wechseln und musste dann mit Hülfe des vorhandenen Brückenkrahnes, der bei neueren Converteranlagen fast stets die Converterstellung dominirt, die Converter mit Ring und Zapfen ausheben und durch andere ersetzen. Dieses zeitraubende und umständliche Verfahren hatte besonders den Nachtheil, dass man ein grösseres Inventar gut abgedrehter und angepasster Zapfenringe oder Gürtel vorräthig halten musste. Man war daher bedacht, die Auswechselung des Converters auch ohne das Ausheben des Ringes zu bewerkstelligen, und die ersten Construkteure für basische Anlagen, unter Anderen Holley, Daelen u. A., haben Einrichtungen angegeben, welche dahin zielen, den Converter theils ganz, theils in Stücken auszuwechseln und dabei von unten her wirksame hydraulische Hebevorrichtungen zu benutzen.

Eine der vollkommensten Einrichtungen dieser Art beschreibt aber Egleston in einem längeren Vortrag über den basischen Process (Transactions American Institute of Mining Engineers 1885). Die beschriebene Converterconstruktion findet sich auf den North Eastern Steelworks zu Middlesbro', die 1883 im Bau vollendet worden und in Betrieb gekommen sind.

Es sind dort vier Converter zu 12 Tons errichtet, welche das Produkt benachbarter, sehr grosser Hochöfen direkt verblasen.

Wie die in Fig. 57 vereinigten Details zeigen, schliesst sich der aus U-Eisen und Flacheisen construirte Ring nicht direkt an die Armatur des Rumpfes von dem Converter an, sondern bleibt so weit davon entfernt, dass man den Converter herausheben kann. Der nothwendige Anschluss des Zapfenringes und des Converters wird durch einen sehr massiven Flansch mit angegossenen Rippen bewirkt, der, auf einem niedrigen gusseisernen Gürtel sitzend, am Oberende des cylindrischen Rumpftheiles aufund mit 16 durch die ganze Gürtelhöhe hindurchgehenden Schrauben auf der obersten Gürtelfläche angezogen ist.

Aus dem Hauptprofil Fig. 57, dem Horizontalschnitt *CD*, den Schnitten *EF*, *GH* erhellt der Bau des Gürtelstückes, welches als Windkanal dient und mittelst zweier Windleitungsrohre mit dem Windkasten in Verbindung steht.

Die Hilfsfigur *A* zeigt, dass das Ende jedes der 16 Keilbolzen zu einem Schraubengewinde sich verlängert, auf welches sich das gebogene Ende einer mit zwei beweglichen Muttern versehenen Spindel aufschieben und befestigen lässt. Diese Spindel mit Muttern schiebt sich zwischen Converterschale und die Innenfläche des Gürtels und stellt so einen sechszehnfachen Contakt beider her, welcher die zu starke Inanspruchnahme und das Abbrechen des Gusseisenflansches hindert.

Trotzdem ist die Verbindung vollkommen leicht lösbar und man wird bei auf den Kopf gestelltem Converter zunächst diese Bügelschrauben zu entfernen, dann nach Aufsetzen des Convertermundstückes auf die hydraulische Hebevorrichtung die Keile aus dem sonst unteren Ende der Bolzen zu nehmen haben, um beim Senken der Hebevorrichtung den ganzen Converter aus dem liegenbleibenden Ring herausgleiten zu sehen.

Die Kniee *b* der Windleitung sind naturgemäss ebenfalls vorher zu lösen; der an dem Windkasten sitzenbleibende Stutzen passirt den Ring ebenfalls ganz bequem.

Die Aufhängung der Converter hat bei einer solchen Anlage naturgemäss so hoch zu geschehen, dass man den niedergelassenen, verkehrt aufrechtstehenden Converter unter dem Ring hervorfahren kann.

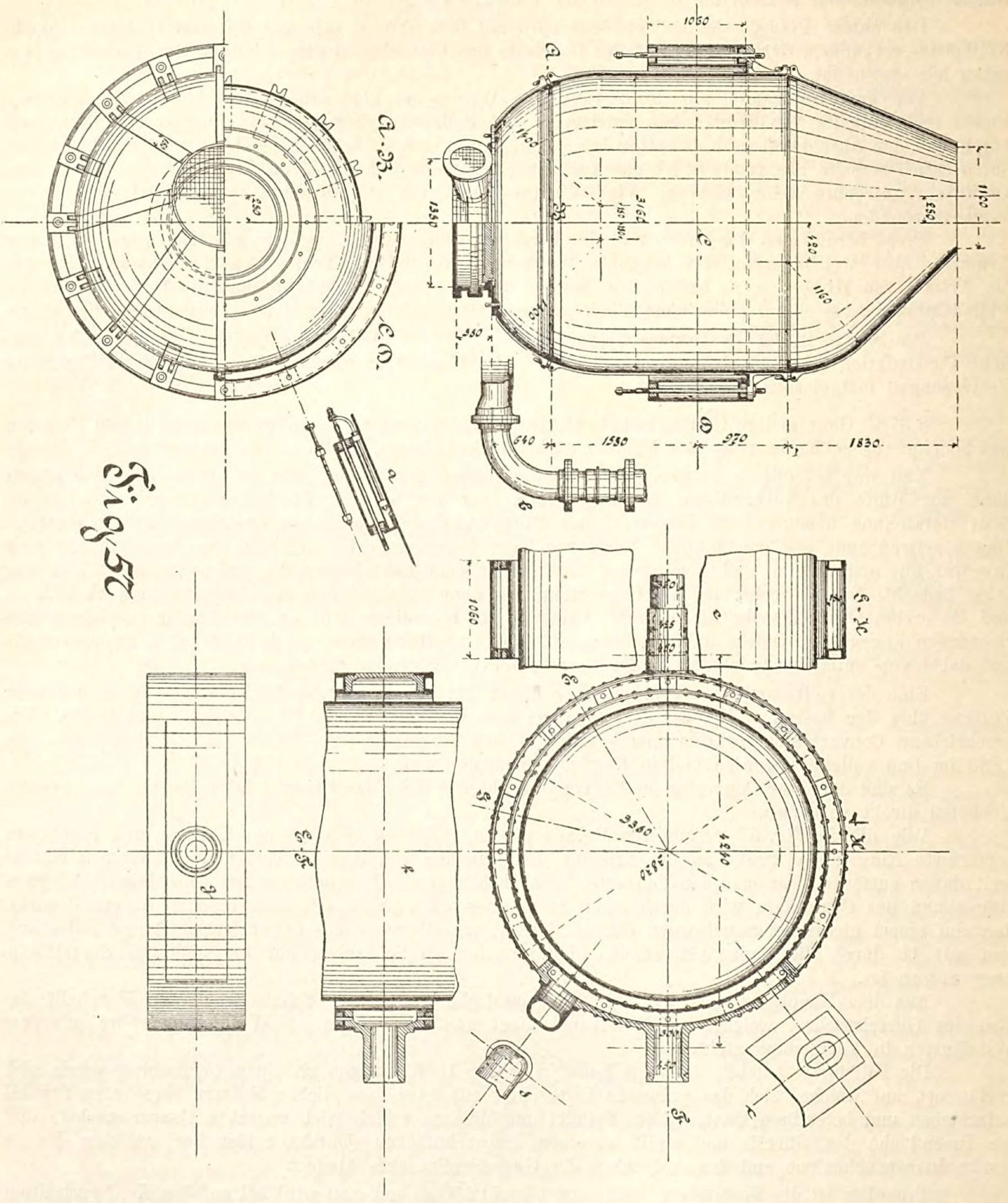


Fig. 57.

Die Totalhöhe des Converters beträgt allein schon 1830 + 970 + 1580 + 640 + 380 = 5400 mm; mithin dürfen die Unterflächen des Gürtelringes wohl kaum niedriger als 6,5 m über der Geleissohle der Hebevorrichtung liegen.

An dem hier beschriebenen Converter ist ausserdem das Bodenstück wie auch das Mundstück abtrennbar construirt, doch bieten dieselben keine besonderen Kennzeichen.

Noch ist zuzufügen, dass der Hohlzapfen sich mit breitem gusseisernen Flanschenstück an die Gürtelwand anschliesst, und dass die Abzweigungen der Gebläseluft nach dem Windkasten beide noch in diesem gusseisernen Wandtheil des Gürtels sich befinden.

Ausserdem sind noch bei jedem der 16 Bolzen gusseiserne Klötze in die U-Eisen von aussen her eingelegt, um ein bequemeres Unterlager für die Verkeilungen der Bolzen möglich zu machen. Auch die sonstigen Verbindungen der Converterarmatur sind durch Keile bewirkt, welche die Gelenkbolzen des einen Stückes mit den Lappen und Flanschen des anderen Stückes verbinden.

§ 379. Das bezüglich des Verbrauchs und der Auswechselung wichtigste Stück der Converterarmatur ist der Untertheil nebst Boden.

Während die ursprünglichste Construktion aus den Tafeln X und XI hervorgeht, zeigen die übrigen hier gegebenen Abbildungen theilweise abweichende Verhältnisse.

Bei dem ältesten Aufbau des Unterstückes ging man von der Ansicht aus, dass die Bodenauswechselung, welche man als am häufigsten zu wiederholende Ersatzoperation ansah, sich durch Ablösung und Wiederanfügen des ganzen an das Gürtelstück stossenden Untertheils, von welchem naturgemäss mehrere Ersatzstücke vorhanden waren, am leichtesten würde ausführen lassen.

Bei den Anlagen des auf Taf. XI wiedergegebenen Typus geschah dies auch längere Zeit, bis man schliesslich einsah, dass innerhalb dieses ausgedehnteren Bodentheils die Inangriffnahme, d. h. die Auspressung und Verschlackung sich verschieden zeigte und auf der Bodenfläche weit mehr voranschritt als an den Seiten.

Um den schadhaften Boden auszuwechseln, musste man immer noch ausgedehntere Partieen noch erhaltenen Mauerwerkes oder Futters opfern. Diese Verschiedenheit in der Haltbarkeit führte auch sehr bald dazu, das ganze Unterstück in seinen einzelnen Zonen verschieden zu behandeln.

Man erkennt in dem Profil *AB* der Tafel XI, dass von der Bodenkante, wo die abrundende Kugelfläche des Untertheils mit der geraden Bodenfläche zusammenstösst, eine punktirt angedeutete Fuge nach dem dicken Eisenring hinführt, der am Ende der Rumpfarmatur angenietet ist und die Bolzen zur Befestigung der Bodenplatte trägt.

Diese Fuge deutet an, dass hier eine Trennung zweier verschiedener Futtermaterialien stattfinde; in der That wurde der durch die Fugenfläche umgrenzte Kegelstumpf sehr bald als besonderes Bodenstück vorbereitet und erst nach sorgfältiger Trocknung in das Untertheil des Converters eingesetzt und entweder mit demselben lutirt, d. h. durch von innen her zwischengestampfte Chamotte verbunden oder, wenn das Converterfutter überhaupt aus Chamotte gebildet werden sollte, mit der Chamottemasse umstampft. Das letztere Verfahren war wegen der Möglichkeit des Abziehens der umstampften frischen Chamotte weniger sicher, wenn nicht eine sehr feuerbeständige und sehr magere Chamotte zur Verfügung stand.

Auch der so besonders eingesetzte Boden enthielt übrigens bereits zweierlei Bestandtheile, gebrannte besondere Düsenblöcke und die dieselben umgebende Chamotte oder Ziegelmassen, weil die Windströme bei ihrem Austreten die Ränder der Kanäle ganz besonders stark in Mitleidenschaft nahmen.

Die Abnutzung der Bodeneinsätze schritt indess doch gleichmässig fort, während die oberen Zonen des ganzen Untertheils doch vielfach noch brauchbar waren, wenn man an das Auswechseln der Böden gebieterisch erinnert wurde.

§ 380. Nach allen diesen Wahrnehmungen kam man darauf, den Converter nicht mehr dicht am Gürtel, sondern am Boden zu theilen und diesen letzteren theils mit, theils ohne den darunter sitzenden Windkasten für sich leicht auswechselbar zu machen.

Das Converterprofil Fig. 1 der Tafel X zeigt die Fuge zwischen Boden und Rumpftheil des Futters genau in der Kante der beiden Flächenstücke; ein keilförmiger Ring innerhalb der Futtermasse deutet an, wie beide Theile miteinander durch aufgelegte und beim Zusammenfügen gegen den Blechmantel zurückgepresste Chamottemasse verbunden sind. Die kegelförmige Anschlussfläche des einzusetzenden Bodenstückes wird auf der als Armatur des Bodenfutters dienenden Blechplatte durch einen kleinen Winkeleisenring markirt, während sie nach dem Innern zu mit den beiden Innenflächen in deren Kante zusammenstösst.

Die Befestigung erfolgt durch einfache Keillösung an Bolzen, die mit je drei Nieten an das untere, durch einen umgelegten Flacheisenring hinlänglich verstärkte Ende des Blechmantels befestigt sind. Durch die so entstandene, 1,260 m weite Bodenöffnung lässt sich das Innere gut übersehen und im Fall etwaiger Beschädigung bequem repariren, was allerdings eine weiter als gewöhnlich gehende Abkühlung des Converters nöthig macht. Das Wechseln des eben beschriebenen Bodenstückes hält dagegen nur kurze Zeit auf und gestattet die Weiterführung des Betriebs sofort nach Anschluss und nach sorgfältiger Befestigung der Bolzenkeile.

Eine ähnliche, doch bezüglich der Windkastenanordnung etwas veränderte Theilung zeigt Fig. 2 derselben Tafel; an der hier erläuterten Construktion, die eine französische ist, hat man den Wind-

kasten so gross und weit gemacht, dass es möglich ist, das Bodenstück durch den Windkasten hindurch einzusetzen.

Man vermeidet dann das Entfernen des Windkastens sowie das Ablösen des von dem hohlen Drehzapfen (Taf. XI, Fig. 1, links) herabführenden Rohres, welches wohl an verschiedenen Stellen zerlegbar sein kann, um das Montiren und Demontiren des ganzen Converters möglich zu machen, nicht aber um bei jedem Bodenwechsel getrennt werden zu können.

In dem hier citirten Beispiel ist das Bodenstück auf einer gusseisernen, mit Rand und Passleiste versehenen Unterlagsplatte aufgemauert, bezw. aufgestampft, und es passt der Umkreis dieser Unterlage des Bodenfutterstückes mit einer gewissen Knappheit in den Windkasten hinein, in welchem durch eingetriebene Keile die Befestigung bewirkt wird.

Ob dies in allen Fällen glückt und ob nicht der Druck der Charge im Stande ist, das nur auf diese Weise befestigte, d. h. festgekeilte Bodenstück herauszudrücken und die Charge zum Windkasten durchbrechen zu lassen, ist eine andere Sache. Es wurde aber in den bezüglichen Mittheilungen versichert, dass diese seitliche Verkeilung immer Stand gehalten hätte; dann dürfte aber die rasche Ablösung ebenfalls Schwierigkeiten geboten haben.

§ 381. Die praktischste Lösung des Bodens für den Fall schleunigsten Ersatzes haben die Amerikaner ausgedacht, indem sie die Fugen zwischen dem Bodenstück und dem unteren Rand von dem Convertermantel von aussen her zugänglich machten und ein Ausstopfen der Fuge nach geschehenem Anschliessen des Bodens ermöglichten. Bereits in der schon citirten Arbeit von Lenox Smith wird S. 173 der Losboden beschrieben.

Der untere Rand der Converterarmatur besteht aus einem massiven Gusseisenring in Gestalt eines stumpfen Winkeleisens. Der eine Schenkel legt sich an die Blechschale des Converters an, während der andere einen scheibenförmigen Rand nach innen zu bildet und die Bolzen zur Befestigung des Bodens enthält.

Der sehr starke Bodenkasten hat im Umkreis eine grössere Anzahl Lappen, die mittelst starker Rippen an der Seitenwand des Kastens angegossen sind und dadurch Halt haben. Zwischen diesen Lappen bleiben Oeffnungen, durch welche das Ausstopfen der Fuge zwischen Boden und Mantelfutter von aussen her bewirkt werden kann, nachdem der Boden eingehoben und bereits mit Schrauben oder Keilen befestigt ist.

Der in Tafel XII abgebildete neuere amerikanische Converter zeigt eine etwas andere Befestigung des leicht lösbaren Bodens, bei dessen Armirung das Schmiedeeisen mehr in den Vordergrund tritt als bei der ersten Holley'schen Ausführung. Die Fuge ist, wie bei neueren Convertern vielfach, flacher gehalten und dadurch der äussere Anschluss beider Armaturen etwas höher und mehr herausgerückt. Am unteren, durch einen aufgelegten Ring verstärkten Rand der Mantelschale sind 12 starke Bolzen mit Lappen und je drei Nieten auf der Schaleninnenseite befestigt. Die Bolzenenden selbst sind so gebogen, dass sie bei aufrechter Stellung des Converters eine senkrechte Lage haben. Beim Anschluss des Bodens fallen diese abgerundeten Bolzen in ebensoviele Oeffnungen eines flachkonischen Armaturtheils, welcher den Uebergang von dem eigentlichen Windkasten zu der Fugenstelle bildet und mittelst 12 innen aufgenieteter Breiteisen an den Verbindungsstellen verstärkt ist. Diese Bügel sind wagerecht gebogen, so dass die Bolzenenden des Mantelanschlusses normal und ohne jede Klemmung durchgesteckt werden können.

Zwischen dem äussersten Rand des Flansches der flachkonischen Bodenarmatur und dem untersten Rand der mit einem Flacheisen verstärkten Mantelarmatur bleibt bei zusammengesetztem Converter eine immerhin 0,05—0,06 m weite Lücke, durch welche man das Material der Fugenausstopfung von aussen her mit Stopfstangen bequem verdichten kann, da es durch den genauen inneren Anschluss nach aussen gedrückt wird.

§ 382. Auch die übrigen Theile des Losbodens der Birne auf Tafel XII verdienen wegen der äusserst praktischen Verbindungs- und Zerlegungsmittel das beste Lob.

Zunächst bemerkt man leicht, dass die Windleitung genau in der Ebene des Mantelrandes eine Flanschentheilung hat, deren Befestigung einfach mit nur drei Schrauben bewirkt wird (s. Details Fig. 5). An den Gürtel schliesst sich ein gerades Stück mit drei gelappten Flanschen an; der untere Flansch dieses geraden Stückes hat offene Schraubenlöcher, ebenso das anschliessende Knie, welches vor jedem Auswechseln rasch zu entfernen ist, während das gerade Stück an dem Gürtelstück befestigt bleiben kann. Das Kniestück schliesst sich wiederum nach dem Windkasten zu mittelst vierkantigen Flansches, der in den Ecken Ausschnitte für die Bolzen der Schrauben hat, in ebenso leicht lösbarer Weise an wie an das gerade Stück.

In Fig. 2 der Rückansicht ist das Knie weggenommen, um das Aeussere des Windkastens leichter erkennbar zu machen.

Dieser letztere besteht seinerseits aus drei Theilen:

dem Boden,
der Wand,
dem Deckel.

Der Boden schliesst sich mit einem durch dicke Hülsen verstärkten Flansch an die flachkonische Armatur an, welche, wie oben erläutert, den Uebergang zur Anschlussfläche oder -linie bildet. Die in den 12 Bügeln derselben eingesenkten, mit den Köpfen in der Futtermasse steckenden Bolzen sind bei angeschlossenem Windkasten auf 0,1 m in Berührung mit der Bodenplatte, ehe sie den Flansch der Wand erreichen, unterhalb welcher sich die Keillöcher befinden.

Diese dicke Bodenplatte trägt auch die ringförmigen Verstärkungen für die durchgesteckten 12 Düsenblöcke oder „Feren" sowie die Befestigungen, um ihr Herausfallen oder Herausgedrücktwerden zu verhüten. Nach innen zu ist der Boden durch eine mit vier leichten Schrauben befestigte zweite Platte gegen das unmittelbare Gestörtwerden geschützt, wenn die Bodenmasse unerwartet schnell verbraucht werden und zur Zerstörung des ganzen Bodens führen sollte.

Die Wand des Kastens, d. h. der Kasten selbst, ist oben mit einem einfachen glatten, aber starken Flansch versehen, während an der unteren Seite anstatt des daselbst ebenfalls nothwendigen Flansches nur hohe Verstärkungen oder Hülsen vorhanden sind, welche an der Wand gleichmässig angegossen wurden.

Sie dienen zur Befestigung des aus einem gusseisernen Flanschen mit aufgenietetem gewölbten Blechdeckel bestehenden Deckels, der zwei Handhaben und einen Ring trägt, um leichter manipulirbar zu erscheinen.

§ 383. Die bequeme Auswechselung des Bodens wurde mehr noch als bei den Apparaten des saueren Processes Bedingung bei denen des basischen Verfahrens, weil besonders in der ersten Zeit die Aussicht auf gleiche Haltbarkeit des Futters viel geringer war, als sich nach und nach herausstellte. Gleich die ersten Vorschläge zur Einrichtung basischer Converteranlagen lassen eine gesteigerte Bequemlichkeit bei Auswechselung und Ersatz einzelner Theile erkennen.

So beschreibt Holley in einem Vortrag: On adaption of Bessemer Plant to the Basic process, vor dem New York meeting der Amerikanischen Maschinen-Ingenieure die von ihm gewählte Anordnung der Anlage, besonders aber die unter dem Converterstandort angeordneten hydraulischen Apparate zur Zerlegung und Wiederzusammensetzung der Theile wie auch des ganzen Converters.

Der letztere zeigt wesentlich die auf Tafel XII wiedergegebene Bodenconstruktion mit flachkonischer Anschlussfuge und der Möglichkeit äusseren Ausstopfens. Auch ist in den Ausführungen des Vortrags gesagt, dass die Ausmauerung des Converters unter Benutzung von Dolomitsteinen und Dolomitmörtel geschehe (analog der Ausfütterung sauerer Converter), was jetzt vielfach abgeändert ist (Iron Age, 11. Novbr. 1880).

In ganz ähnlicher Weise schlug R. M. Daelen in einem Circular vom 10. April 1880 vor, die basischen Converter zu construiren, wobei er neben der rasch zu bewirkenden Bodenauswechselung auch noch die Möglichkeit, den ganzen Converter aus- und einzuhängen, ins Auge fasste.

Die Anschlussfuge ist ebenfalls flachkonisch gedacht, doch nicht ganz so wie bei Holley und auf Tafel XII, sondern etwa mit 30° Seitenwinkel, während der amerikanische Converter für die Randfläche des Mantels 30°, für die Anschlussfläche des Bodens aber 36° zeigt, so dass die Ausstopffuge von 6° übrig bleibt, während Daelen die beiden Passflächen parallel anordnet.

Der basische Converter auf Tafel XIII zeigt eine ganz andere Theilung am Boden, als man sie nach den vorher erwähnten Vorschlägen erwarten sollte.

Der Boden setzt sich hier ganz in der Weise ein wie bei den ältesten Converterconstruktionen überhaupt, d. h. er fällt mit seiner Innenfläche noch nicht einmal ganz mit der Grundfläche des Innenraums überhaupt zusammen. Nur rundet sich von der Passfuge an die Innenfläche des Mantelfutters in einem allmäligen Uebergang zu der cylindrisch-konischen Form des Mantels ab.

Die neuerdings angeblich veränderte Construktion, wie sie hier gegeben werden konnte, verdient in der That keine besonders günstige Kritik; doch stammt sie jedenfalls aus der ersten Entwickelungszeit des basischen Verfahrens und konnte in Folge dessen nicht sofort allen Schwierigkeiten begegnen, die damals noch unbekannt waren und erst später sich einstellten.

Ueber den Aufbau des Bodenfutters kann erst später berichtet werden.

§ 384. Als ein minder wichtiges Stück unter den Theilen des Converters erschien die Mündung oder Schnauze desselben, d. h. der halb kegelförmige, halb kugelförmige Obertheil, durch dessen Mündung die gasförmigen Produkte des Processes entweichen.

Schon bei der Besprechung des Profils im § 375 wurde darauf aufmerksam gemacht, dass die ursprüngliche Neigung der Axe der Mündung eine andere war, als man sie jetzt gewöhnlich findet, und

dass dieser flachere Ansatz an die Kuppe des Gefässes die Bildung eines Vorsprunges im Inneren zur Folge gehabt hätte, der bei dem Betrieb zu starkem Angriff Gelegenheit gegeben habe und deshalb später fortgelassen worden sei. Später hat man sogar bei dem sehr schlackenreichen basischen Process das Bedenken gehabt, die unsymmetrische Lage der Oeffnung überhaupt beizubehalten und hat sie an einigen Orten vollkommen symmetrisch, an anderen nur wenig aus der Symmetrie gelegt.

Die Armatur und die Befestigung dieses Theiles sind natürlich weit einfacher und weit weniger bedeutsam als bei den im Vorigen geschilderten Bodenarmaturen. Eine Auswechselbarkeit ist in gleichem Grade nicht vorhanden und deshalb eine weit weniger behutsame Anordnung des Anschlusses etc. beobachtet.

Bei der ältesten auf den Tafeln XI und XXI dargestellten Birnenconstruktion schliesst sich das Mundstück allerdings in ganz gleicher Weise an das damals besonders umfangreich vorgesehene Gürtelstück des Converters an wie das Unter- oder Bodenstück.

Dicke Winkel und Bolzen verbinden es, leicht lösbar, mit dem mittleren Converterstück; thatsächlich brauchte aber diese bequeme Trennbarkeit gar nicht zu existiren, da beide, Gürtelstück und Mundstück, ungefähr in gleicher Zeit unbrauchbar wurden, wenn auch in verschiedener Weise. Das Mundstück war durch Schlackenansätze verengt, der Rumpftheil dagegen angefressen und corrodirt. Das Abstossen der Schlackenansätze glückte nicht immer und war im Fall des Erfolges auch mit Ausbrechen von Futtertheilen unvermeidlich verbunden.

Kurzum, diese Trennung des Mundstückes war von ziemlich geringem Nutzen, und man ging sehr bald schon dazu über, die in Tafel X angegebenen Constructionen des Mundstückes anzuwenden, wo Schale sowohl als Futter für Rumpf- und Mundtheil ziemlich eins sind. Man behandelte den ganzen Converter, ausschliesslich des Bodens, wie eine mit feuerfester Masse ausgefütterte Blechröhre, um welche herum der die Axen tragende Gürtel aufgezogen ist. Auch verschiedene, anderweitig bekannte Constructionen zeigen das gleiche Aussehen, z. B. der in Wien 1873 in der Zeichnung ausgestellte Converter von Hörde (Dürre, Das Eisenhüttenwesen auf der Wiener Ausstellung).

§ 385. Eine Aenderung dieser geradlinigen Profilirung der Mündung wurde erst mit Einführung des basischen Verfahrens vorgeschlagen, weil die stete Benutzung der einen Seite zum Abgiessen der sehr reichlichen Schlacken auch eine gesteigerte Bildung von Ansätzen und eine ebenfalls gesteigerte Corrosion zur Folge hatte.

Es tauchte die Idee auf, die Converterschnauze symmetrisch zur Birnenaxe zu stellen, d. h. die Axen beider zusammenfallen zu lassen, um dann nach beiden Seiten abwechselnd ausgiessen zu können.

P. Kupelwieser in Witkowitz theilte dem einen Londoner Meeting des Iron and Steel Institute einen auf eine derartige Construktion sich gründenden Plan mit, und auch Windsor Richards gab 1880 in einem sehr wenig bekannt gewordenen grösseren Vortrag die Skizze eines so gestalteten Thomasconverters im Vergleich zu einem saueren Converter des seither geführten Betriebes (Proceedings Cleveland Institution of Engineers, Novbr. 1880). Es wird noch darauf zurückzukommen sein.

Später fand man die Benutzbarkeit einer solchen nach zwei Seiten ausgiessenden Retorte in Wirklichkeit doch sehr beschränkt und war auch inzwischen zu einer weitergehenden Ausbildung in der Qualität der feuerfesten Massen gelangt, welche jene Sorgfalt in der Erhaltung des Mundstückfutters weniger nothwendig erscheinen liess.

Man behielt vorwiegend die alte Birnenconstruktion bei, wo die Schnauzeninnenfläche geradlinig aus der Wandfläche des Rumpfes herausstieg, und blies wohl mit der Hälfte der Converter einer alten Anlage auf basischem, mit der anderen auf sauerem Futter.

Die auf Tafel XIII dargestellte basische Birne (Peine) zeigt keine besondere Abweichung gegen die älteren Constructionen, wenn nicht eine gewisse Gedrungenheit in der Gestalt und, dadurch hervorgerufen, eine grössere lichte Weite der Oeffnung, welche sowohl Ansätze von Schlacken als auch deren Ausbrechen weniger einflussreich oder bedenklich erscheinen lässt.

Was allerdings geändert erscheint, ist die Armaturconstruktion der basischen Birnen, welche die früher auch bei den saueren Futtern bevorzugte Zerlegbarkeit oder Theilbarkeit der Converterschale wiederum vortheilhaft erscheinen liess. So zeigt die Birne von Peine die Ablösbarkeit des Mundstückes für sich durch Anordnung eines Winkeleisenanschlusses mit Keilbolzen und durch Anbringen von Knaggen auf der Aussenseite zur Aufstellung des Mundstückes auf die Trockenwagen und die Hebevorrichtungen zum Anschliessen.

Die bereits auf S. 403—404 beschriebene und abgebildete (Fig. 57) Birne der North Eastern Steelworks zeigt eine analoge Verbindung des Mundstückes (Gelenkbolzen mit Keilen); die raffinirte Gürtelconstruktion dieser 12 Ton-Converter weist aber darauf hin, dass man hierbei gar nicht an eine häufigere Trennung des Oberstückes denkt, sondern dass man, abgesehen vom Boden, nur den ganzen Converter wechsele, wenn sich weitergehende Abnutzungen zeigen und eine Erneuerung verlangen.

Die Profilirung des Mundstückes zeigt das Betreten eines Mittelweges zwischen der ganz symmetrischen und der ganz einseitig angeordneten Mündung.

Ausfütterung der Converter.

§ 386. Nachdem im Vorstehenden verschiedene Angaben über die Construktion der Armatur gemacht worden sind, erscheint es praktisch, nunmehr die Futterfrage zu berühren. Dieselbe hat sich seit Einführung der basischen Processe sehr bedeutend complicirt und berücksichtigt nunmehr eine sehr ausgedehnte Reihe von Materialien verschiedenster Art.

Feuerbeständigkeit im Allgemeinen und besonders den Reaktionen des Processes gegenüber, ferner eine genügende Haltbarkeit bezüglich der Stösse der Arbeit, des Chargengewichts etc. sind Grundbedingungen für die Verwendbarkeit natürlicher und auch künstlich vorbereiteter Futtermaterialien.

Man unterscheidet heute saures und basisches Futter, welche beide eine verschiedene Behandlung verlangen, abgesehen von der absoluten Verschiedenheit in der Zusammensetzung.

Material und Herstellung saurer Converterfutter.

§ 387. Seit Bessemer's Zeit, d. h. seit der Erfindung seines Converters, bildet eine Mischung von fetten und mageren feuerfesten Materialien das verbreitetste Futter für die Converter. Um jede für den Converterbetrieb weit gefährlicher wie für jeden anderen Betrieb sich gestaltende Schwindung zu vermeiden, ging man frühzeitig dazu über, den feuerfesten Thon mit quarzigen Mitteln stark zu magern, und gelangte nach und nach zu Mischungen, welche nur mehr etliche Procente plastische Bestandtheile neben mehr als 90 Procent Kieselsäure hatten.

Selbst solche Materialien wendete man mit Glück an, die nur mit der grössten Vorsicht getrocknet und in Glühhitze gebracht werden konnten, weil sie sonst als loser Sand aus dem Converter herausfielen.

Das erstbekannte, äusserst feuerfeste, quarzreiche Material war der in der Nähe von Sheffield vorkommende Ganister, oft fälschlich „Garnister“ in der Technik genannt, eine Art Kohlensandstein, welcher ca. 93/$_{00}$ SiO_2, 4/$_{00}$ Al_2O_3, 1—2/$_{00}$ Fe_2O_3, 1/$_{00}$ $\left.\begin{cases} Na_2 \\ Ka_2 \\ Ca \end{cases}\right\} CO^3$ enthielt und einer ganz geringen Zumischung plastischen Thons bedurfte, um verarbeitbar zu werden.

Man hat an anderen Orten ähnliche Massen gefunden, z. B. zu Seitenberg (Sachsen-Altenburg), wo ein äusserst quarzreicher, feiner Thon, mehr eigentlich als natürliche Chamotte zu bezeichnen, vorkommt, welcher seit 20 Jahren und mehr auf der Königin-Marienhütte zu allen möglichen Zwecken verwendet wird, vornehmlich aber auch zum Ausbau der Converter, sowohl in Form von Ziegeln wie auch als Chamotte.

Für die Verwendbarkeit der scharfen Sande zu Fütterungszwecken, natürlich in Mischung mit feuerfestem plastischen Thon, ist ihr Verhalten im Feuer maassgebend; alle Sande, deren Körner zerspringen, decrepitiren, was man durch Siebversuche vor und nach dem Glühen leicht feststellen kann, sind von der Verwendung zu Converterfuttern ebenso auszuschliessen wie von jeder anderen Verwendung hochgradiger Bedeutung (cf. Band I, S. 285, § 655).

§ 388. Die Ausfütterung selbst kann in zweierlei Weise vorgenommen werden, einmal durch Ausbau der Armatur im Einzelnen oder Ganzen mit zum Theil complicirt gestalteten Formatsteinen, dann durch Ausstampfen der Armatur mit einer ähnlich zubereiteten Masse, wie sie im II. Band gelegentlich der Hochofenzustellung beschrieben worden ist.

Wenn die erstangeführte Methode in Folge der gewählten Steinverfugung glücklich ausgeführt und besonders so geleitet wird, dass die Seitenflächen der Steine stets normal zur Innenfläche stehen, so erhält man äusserst solide Futter. Die Fugen dürfen dabei wie immer bei feuerfesten Garnituren nur äusserst dünn sein und in keiner Weise zum Ausbröckeln und Ausbrechen Veranlassung geben. Man macht, wie z. B. beim Ausmauern der Hochofengestelle, einen ganz dünnen, ziemlich mageren Mörtel von Chamotte und bindet die Steine mehr an der Rück- wie an der Vorderseite, indem man nach dem Inneren zu jede zu dicke Schicht vermeidet.

Eine gewisse Regel zur Anordnung ist schwer zu geben: Man wird wohl stets so anzufangen haben, dass man den Converter hängen oder stehen lässt, die Oeffnung des Bodens mit einem Brett oder einem Blech verschliesst und von unten an das ganze Futter aufbaut. Der Verschluss wird so zu verstehen sein, dass ein Raum in der Mitte frei bleibt, um den Maurer im Inneren sich bewegen zu lassen. Bei den in mehrere Theile zerlegten älteren Convertern war die Sache einfacher; sie wurden sämmtlich getrennt gefüttert und dann aneinander gefügt, wobei der Schluss der Passfugen wohl das Bedenklichste war. In dieser Hinsicht waren die vom Bodenrand an bis an den Hals mit einem zusammenhängenden Futter bekleideten Converter vorzuziehen.

Die Steinfutter, wie sie hier zunächst gedacht werden, ergeben scheinbar das Bedürfniss einer grossen Anzahl von Steinmodellen, doch ist man im Laufe der Praxis dahin gelangt, auch mit

wenigen, untereinander verschiedenen Formaten auszukommen, wie der im Profil nach der schon S. 403 citirten Egleston'schen Abhandlung (Transactions American Institute of Mining Engineers 1885) abgebildete Converter aus den South Staffordshire Works (Fig. 58) zeigt.

Es sind, abgesehen von dem Futter des Mundstückes, das entweder aus einem für sich gebrannten Ringstück oder aus aufgestampfter Masse zu bestehen scheint, vier Formate von Steinen vorhanden. *a* ist ein gewöhnlicher, nach cylindrischer Innenfläche und radialer Theilung gebildeter Schachtfutterstein von etwas wechselndem Durchmesser, aber gleicher Höhe (195 mm). Er trägt zwei verschiedene Nummern (17 und 34), die jedenfalls keine Beziehung zur Converterconstruktion haben. Auf der gekrümmten Seite des Converters sowie im Boden und im Hals findet sich ein Format *b* verwendet, das ein weit geringeres radiales Maass als *a* hat und im Rumpf die Nummer 14, im Hals aber die Nummern 8, 10, 12 noch trägt, die jedenfalls abnehmende radiale Dimensionen bedeuten. Die Krümmung im Converter wird vorwiegend durch das aus keilförmigen oder pyramidalen Stücken *c*, 8—12—16—18—22 bestehende Format gebildet, welche sich an den beiden Seiten (wo die Axen sich anschliessen) wahrscheinlich in die Lagen *a a* der geraden Seite einfügen werden, während sie mit dem im Hals selbst noch eingebauten Stein *b* in winkeliger Fugung sich abgrenzen dürften. Ein viertes Format, *d*, ist radial, ziemlich breit und wird im Boden benutzt, um die Kegelfuge des Bodenstückes zu umgeben; es sind zwei Lagen vorhanden, unter welchen eine Lage von dem Format *b* sich noch befindet.

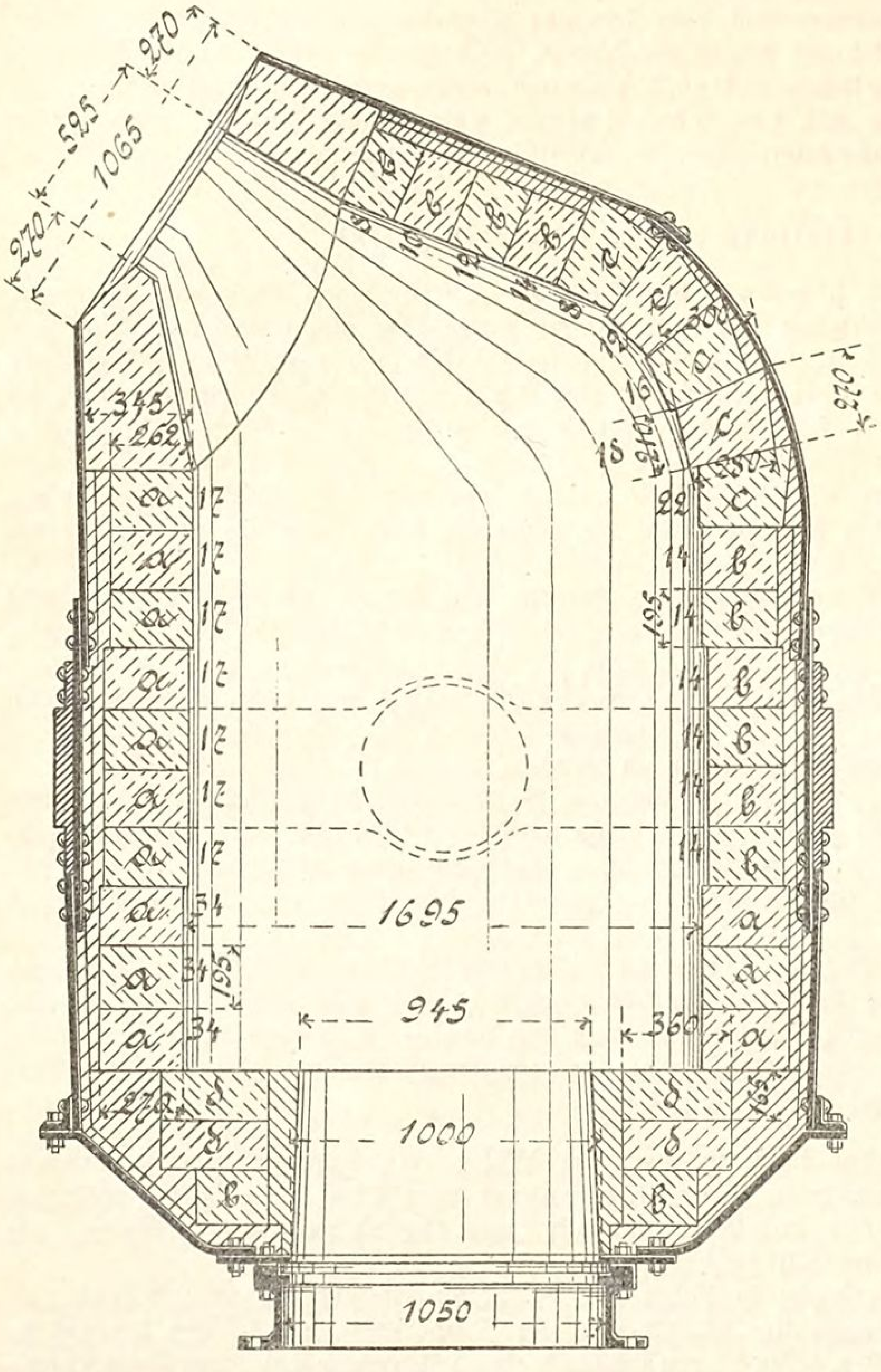


Fig 58

§ 389. Der Boden, als der stärkst angegriffene Theil des ganzen Gefässes, musste namentlich deshalb besonders vorsichtig construirt werden, weil, abgesehen von den Steinfugen selbst, hier die zahlreichen Windeinlässe Gelegenheit zum Angriff und zur Zerstörung der Bodenmassen reichlich boten. Man ging deshalb auch sehr bald dazu über, die Windeinlässe zu besonderen Gruppen zu vereinigen und sie in besonders herzustellenden Formblöcken zusammenzulegen, die dann in regelmässiger und symmetrischer Weise in das Bodenfutter der Converter eingebaut werden konnten.

Die Construktion und Verhältnisse dieser in besonderen Pressen dargestellten Düsenblöcke oder Feren sind aus den verschiedenen bereits angeführten Converterzeichnungen leicht ersichtlich. Die Grössenverhältnisse schwanken ausserordentlich, je nach der usuellen Bodenstärke, der Grösse der Boden etc. Man nimmt eine besondere Gesetzmässigkeit kaum wahr, wenn man eine Collektion solcher Feren, aus verschiedenen Hüttenwerken stammend, überblickt. (Vgl. Wedding, Schmiedbares Eisen, S. 351.)

Auch die Weite der einzelnen Luftcanäle in den Feren und das Verhältniss der Zahl zu der Weite ist ein sehr schwankendes und wohl wesentlich abhängig von dem Verlauf der Verbrennungserscheinung, welche das betreffende Roheisen beim Verfrischen zeigt.

Als Gesammtquerschnitt der Windeinlässe nimmt man 6,5 — 7 qcm per Tonne Roheisen an, einen Luftverbrauch von 33 cbm pro Minute, unter 2 Atmosphären höchster Pressung vorausgesetzt. (Fehland a. a. O.)

Dass man diesen plausiblen Gesammtquerschnitt sehr wohl verschieden vertheilen oder verbrauchen kann, dass man denselben zu einer grossen Zahl enger, zu einer geringen Anzahl weiter Oeffnungen umrechnen kann, geht aus folgenden kurzen Anführungen hervor, die sich bezüglich der Lufteinführung und der Anordnung der Feren und ihrer Oeffnungen sowie der Versuche, die Zahl der Lufteinlässe zu vermindern und dafür ihre Weite wachsen zu lassen, in Jeans' Steel, its Manufacture etc. a. a. O. finden.

Tunner (Dingler's Journal 179) gibt zum Beispiel an, dass er zu Neuberg in einem stehenden schwedischen Converter die Anzahl der Düsen von 18 zu 9 verringert, dabei aber die lichte Oeffnung von $1/2$ Zoll auf $3/4$ Zoll gesteigert habe.

Im Berg- und Hüttenmännischen Jahrbuch XV wird angeführt, dass in Nischne Tagilsk am Ural ein normaler, beweglicher Converter vorhanden ist, in welchen mittelst zwei horizontalen Düsen von $1\frac{1}{2}$ Zoll Weite geblasen wird. Das Chargengewicht betrug $1\frac{3}{4}$ Ton, der Winddruck 7—8 Pfund und die Blasedauer 17 Minuten. Der Converter ist 9 Monate lang in zufriedenstellender Weise in Betrieb gewesen; auch die Anwendung einer einzigen Düse von entsprechend grösserer Weite erwies sich praktisch.

In Wodzinsk ersetzte man in einem beweglichen Converter 7 Düsen mit zusammen 35 Oeffnungen zu $1/4$ Zoll durch eine horizontale Düse von $1\frac{3}{4}$ Zoll, wobei aber das Chargengewicht 3 Tons betrug (Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1865).

Andere Versuche in Oesterreich mit einem festen Converter ergaben ähnliche Resultate. An dem Frischgefäss waren zwei Reihen von Düsen übereinander, oben 6 Stück zu $3/8$ Zoll, unten 6 Stück zu $5/8$ Zoll Weite; man ersetzte sie durch 12 in einem Niveau gelegene Düsen von $3/4$ Zoll Weite (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure IV).

Die Anzahl derartiger Versuche ist jedenfalls grösser; das Vorstehende genügt aber, um auf die Wichtigkeit der ganzen Sache aufmerksam zu machen.

§ 390. Gegen die Anwendung von „Feren“ überhaupt ist in neuerer und neuester Zeit vielfach vorgegangen worden. Die oftmals constatirte Schwierigkeit der Befestigung der Fere im gemauerten oder auch gestampften Converterboden, das Ablösen derselben in der Hitze, das hierdurch verursachte Abfressen der Bodenmasse und der stärkere Angriff der letzteren um die Formblöcke herum, ferner eine gewisse Rücksicht auf bessere, d. h. gleichmässigere Vertheilung der Windstrahlen im Bade brachte verschiedene Vorschläge zum Austrag, unter denen das von Rühle von Lilienstern II zum Gegenstand eines Patents Erhobene wohl am bekanntesten geworden ist.

Es vertheilt die Windeinlässe auf die ganze Bodenfläche in gleichmässiger Weise und umstampft die als Modelle benutzten Dorne oder Nadeln auf das Sorgfältigste. Ummauert können sie nicht gut werden; es lässt sich die Lilienstern'sche Methode deshalb auch nur auf gestampfte Chamotteböden anwenden.

Wedding (Schmiedbares Eisen, I. Ergänzungsband S. 73) beschreibt das Verfahren nach der betreffenden Mittheilung in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleisses (1879, Verh. S. 316). Man verwendet an Stelle der Einlage mit den Ferenöffnungen eine mit den erforderlichen, auf drei concentrische Kreise vertheilten Windöffnungen versehene gusseiserne Platte, welche mit schrägem Rand in den Windkastenumkreis einfällt.

Zum Aufstampfen des Bodens benutzt man einen gusseisernen kegelförmigen Kasten, der mit breitem Flansch lose auf den Windkastenrand gesetzt wird und oben ebenfalls einen etwas leichteren Flansch besitzt. Auf letzteren wird mit drei Bügeln ein aus drei concentrischen Ringen und drei radialen Streben bestehendes Gestell geschraubt, welches dazu bestimmt ist, die Dorne zu halten, welche die Modelle der Düsenöffnungen bilden. Sie hängen mit ihren viereckigen Köpfen in den Löchern der concentrischen Ringe und ragen bis in die entsprechenden Oeffnungen der Bodeneinlage herunter. Man umstampft sie vorsichtig mit der aufgesiebten Masse und bedient sich dazu eiserner Stampfen von zweierlei Gestalt, einer einfach drei- oder vierkantig prismatischen und einer hohlbohrerartigen mit rinnenförmigem Ausschnitt, der sich an die Peripherie der Nadeln oder Dorne anschliesst. Der Boden wird mit erwärmten Nadeln gestampft, um die Masse schnell hart zu bekommen.

Der auf Tafel XIII dargestellte basische Converter aus dem Peiner Walzwerk, welcher einen nach dieser Methode oder einer ähnlichen hergestellten Boden besitzt, zeigt drei concentrische Reihen von Windröhren oder Düsenöffnungen in Radien von 150 : 325 : 500 mm; die innerste Reihe enthält 8, die mittlere 16, die äusserste 32 Oeffnungen, zusammen 56 Windlöcher von je 15—20 mm Weite.

Wedding (a. a. O., S. 74) führt an, dass

Witkowitz	35	Oeffnungen	von je	12—17	mm Weite,
Rothe Erde	64	„	„ „	15	„ „
Kladno	84	„	„ „	10	„ „ anwendeten.

Diese Verhältnisse beweisen eigentlich nur die geringe Wichtigkeit dieser ganzen, sich auf die Windeinlässe beziehenden Anordnungen.

§ 391. Die bereits citirten „Bemerkungen über die Bessemerstahlbereitung auf der Hermannshütte zu Hörde in Westfalen" (Berggeist 1870, S. 627) geben nachstehende Einzelheiten, betreffend das Ausstampfen des Converters.

Die hierzu gebrauchte Masse besteht aus 6 Theilen Quarz oder Puddingstein (gröberes Conglomerat) in Erbsenkorngrösse und 1 Theil feingemahlenem als Bindemittel dienenden Thon. Eine empirische Probe für richtige Mischung besteht im Ballen einer Kugel mit den Händen, welche Kugel alsdann auf die Feuerbrücke eines sehr heissgehenden Schweissofens gebracht und beobachtet wird. Zerspringt die Kugel nicht, zerbröckelt oder schmilzt sie ebensowenig, sondern sintert sie nur eben zusammen, so ist die Mischung gut.

Das Ausstampfen selbst geschieht, nachdem man den Converter in seine Theile zerlegt hat. Die Theilung dieser 1868 angeblasenen Converter ist etwas anderes als die der ältesten Anlage, welch letztere im Wesentlichen die auf Tafel XI dargestellte Bauart hatte.

Die neuere Gestalt hat nur eine Theilung, ca. 950 mm über der inneren Bodenfläche, von wo an sich der Innenraum bis zur Bodenfläche konisch zusammenzieht.

Dieser ganze napfartige Untertheil wird für sich ausgestampft, während der Obertheil, vielmehr der ganze Converterrumpf sammt Schnauze ebenfalls für sich ausgefüttert wird.

Nachdem man den Untertheil durch Lösung der Schrauben in den Winkelflanschen und durch Abhängen des Windknierohrs von dem Haupttheil getrennt und abgelöst hat, hebt man ihn mit der die Anlage beherrschenden Winde von dem umgekehrten Converter selbst ab und stellt ihn einfach mit der Windkastenfläche auf die Hüttensohle.

Man setzt nach dem Ausschlacken des alten Bodens frische Düsen oder Feren in die Bodenplatte ein, verkeilt sie so fest als möglich mit kleinen Holzstücken und umstampft sie sorgfältig bis zur Höhe der Düsen selbst, woraus sich eine Bodendicke von ca. 350 mm ergibt. Auf die abgestrichene Fläche setzt man möglichst concentrisch oder äquidistant zur Armaturschale das einem abgestumpften Kegel gleichende Holzmodell des napfartigen Untertheils und umstampft dasselbe bis zum Rand der Passfläche mit der feuchten plastischen Masse.

Die Wandstärke ist dabei, normal zur Kegelfläche des Mantels gemessen, nur 200 mm, wie die Zeichnungen des Converters in den meisten der Berichte von der Wiener Weltausstellung (Dürre, Kerpely u. A.) beweisen.

Das Trocknen bezw. Brennen des Bodens findet einfach so statt, dass man nach Ausheben des Modells staubfreie, ausgesuchte Stückkohlen in die Bodenhöhlung legt und dieselben in Brand steckt; das Feuer kann nach erfolgtem Abflammen durch Abnehmen des äusseren Windkastendeckels am besten angefacht und belebt werden.

Bei etwas nasser oder mehr schwindender Chamotte ist ein Trocknen über Kohlenfeuer vielleicht etwas praktischer und von weniger Gefahr für die nachherige Haltbarkeit begleitet. Man wird in jedem Fall die Sache anders anfangen können und z. B. auch das Bodenausstampfen durch Mauern mit lufttrockenen oder bereits gebrannten, feuerfesten Steinen bewirken, wenn man ein Abziehen der zur Fugenfüllung und Abrundung zu benutzenden Chamotte nicht befürchtet.

§ 392. Der Obertheil wird, ohne denselben aus den Lagern zu heben, soweit umgekippt, bis er eine fast verticale Stellung hat, worauf dann die Mündung von der Giessgrube aus durch ein Eisenblech fest verschlossen wird.

Bald nach der Entfernung der alten Füllung ist von dem Maurer ein Kranz eigens dazu geformter Steine auf ca. 400 mm Länge in das Maul des Converters hineingemauert worden, auf welchem dann das weitere Futter aufgestampft werden muss. Zu diesem Behufe füllt man den inneren Raum des gemauerten Kranzes mit Bruchstücken von alten feuerfesten Materialien, Düsenstücken etc. aus und schüttet darunter wie auch über das gemauerte Futterstück die gut vorbereitete, hinlänglich feuchte Masse, um dieselbe gehörig festzustampfen.

In einer gewissen Entfernung vom gemauerten Kranze, etwa 230 mm, setzt man dann ein Modellstück für das obere gekrümmte Profilstück des Converterinnern auf und umstampft dasselbe in möglichst gleicher Weise mit derselben Masse. Dann fährt man mit dem Ansetzen eines oder mehrerer cylindrischer Modellstücke, die aber leicht lösbar sein müssen, fort und umstampft dieselben in ganz gleicher Weise.

Das Ausstampfen geschieht mit grösster Sorgfalt und die Stampfer sind von Schmiedeeisen und von zweierlei Gestalt an den Enden. Eigenthümlich ist das Glühendmachen am unteren Ende vor dem Gebrauch und die Wiederholung dieser Operation alle 15 Minuten. Warum dies stattfindet, ist in der angezogenen Quelle nicht gesagt; vermuthlich wird die Masse dadurch rascher getrocknet oder hat man in der Gluthtemperatur des Geräthes einen sicheren Maassstab für den Feuchtigkeitsgrad der Masse.

Es wird auch im Anschluss an die Erwähnung des Glühens gesagt, dass die Masse, wie alle plastischen, d. h. feuerbeständigen Materialien des Hüttenbetriebes, den richtigen Feuchtigkeitsgrad besitzen müsse, den man am sichersten beim Ballen in der Hand beurtheilen könne. Ist das Stampfen bis zur Passfläche beendet, so öffnet man den Verschluss am Maul des Converters, nimmt die den Mauerring des Halses ausfüllenden Steinbrocken heraus, ebenso die dazwischen und darauf gestampfte überschüssige Masse, doch mit solcher Vorsicht, dass die eingemauerten Steine sich fest an die Masse schliessen und glatt in dieselbe übergehen, was am letzten Ende durch Ausschneiden mit dem Streichblech am besten geht. Darauf entfernt man, von der zuletzt eingestampften ausgehend, alle Chablonen und unterwirft die Innenfläche einer sorgfältigen Revision und Controle. Sie muss ganz glatt sein und etwaige beim Herausnehmen der Chablonen entstehende Ausrisse etc. müssen genau ausgebessert werden.

§ 393. Beide Theile, der bereits getrocknete Bodentheil und der frisch ausgestampfte Obertheil, werden nunmehr zusammengesetzt, wobei auf eine möglichste Ausfüllung der an der Passfläche vorhandenen Spalte oder Fuge zu sehen ist, was am besten durch Aufstreuen einer lockern Schicht unmittelbar vor dem Festziehen geschehen kann.

Man füllt nunmehr den wieder aufgerichteten Converter mit reingehaltener, staubfreier Stückkohle an und entzündet sie. Zuerst lässt man die Verbrennung mit Hülfe des natürlichen Zuges der Düsen vor sich gehen; nach einiger Zeit (oft nur wenige Stunden) führt man Wind von mässiger Pressung ($\frac{1}{2}$—$1\frac{1}{2}$ Pfund = 0,25—0,75 Kilo) ein.

Das Futter wird schliesslich hellrothglühend und lässt dann etwa entstandene Risse leicht erkennen und wahrnehmen; dieselben werden nach geschehenem Abkühlen mit nasser Chamotte verstrichen. Bei nicht erheblicher Bedeutung derselben, was bei sorgfältiger Ausstampfung der Fall ist, kann man das Verstreichen auch in heissem Zustand vornehmen, ohne das langwierige Abkühlen abwarten zu müssen.

Nach dem Verbrennen der einen Kohlenfüllung reinigt man den Converter von der entstandenen Asche und wendet besonders den Düsenlöchern seine ganze Aufmerksamkeit zu. Dann füllt man den Converter aufs Neue und wieder mit sehr guten Kohlen an, welche zuerst ohne, dann mit schwachgepresstem Winde langsam verbrennen müssen.

Durch die Asche der Kohlen bildet sich nach und nach eine dünne Glasur auf der Innenfläche des Futters, welche zur Conservirung desselben viel beiträgt, da ein solches Futter aus Masse doch immer 60—700 Chargen aushält.

Die Böden aus Masse halten nur 5—6 Chargen aus und müssen dann ausgewechselt werden. Man löst Bodenplatte und Windkasten ab und bricht die Masse bis an das auf der Innenseite der Armatur angenietete Winkeleisen aus, setzt dann die Bodenarmatur wieder an und stampft von innen her die neue Bodenmasse um die eingesetzten und festgekeilten Feren herum fest.

Da dies nicht von der Mündung aus geschehen kann, sondern da die Arbeiter die Arbeit im Innern selbst vornehmen mussten, so war diese ganze Operation sehr umständlich und unsicher.

Um nicht zuviel Zeit zu verlieren, wurde der Converter nur so weit abgekühlt, dass ein Arbeiter darin nicht länger als ca. 10 Minuten arbeiten konnte, und war damit wie in vielen ähnlichen Fällen der Grund zu eiliger und in Folge dessen unsorgsamer Ausführung gegeben.

Wenn die angezogene Mittheilung sagt, dass bis 1869/70 noch kein Mittel zur Vermeidung dieser Art des Bodenwechselns bekannt war, so ist darauf hinzuweisen, dass der einfache Ersatz des Bodenstückes durch ein fertig ausgefüttertes gleiches Stück doch wohl angängig gewesen wäre.*)

Die angeführten Ausfütterungsarbeiten nahmen seiner Zeit im Ganzen 24 Stunden in Anspruch, wobei 22 Mann thätig waren. Das Austrocknen und Abräumen erforderte noch 12 Stunden sowie den Verbrauch von 140 Centner Kohle. Das Bodenauswechseln brauchte 6 Stunden Arbeit und 22 Centner Kohle, während das Warmhalten in den gewöhnlichen Betriebspausen $4\frac{1}{2}$ Centner erforderte.**)

Material und Herstellung basischer Converterfutter.

§ 394. Begegnete das Ausfüttern mit saurem Material manchen Schwierigkeiten bei der Ausführung, so musste dies in weit höherem Maasse mit dem seit 1881 in Betracht kommenden basischen Material der Fall werden, und es bestand ein sehr grosser Theil der Arbeiten bei der allmäligen Gestaltung des Processes auch thatsächlich in dem Studium und der Durchexperimentirung basischer Futtermaterialien.

Nachdem Thomas in seinem Patent vom 26. März 1878, No. 6080, die Erfindung einer Herstellungsmethode für basische Ofenfutter mit Hilfe des Wasserglases sich hatte sichern lassen, mit

*) Man begreift heute nur schwer, warum zu einer Zeit, wo der amerikanische Losboden schon gekannt war, eine solche primitive Ansicht von der Bodenauswechselung Platz greifen konnte.

**) Bezüglich des Ausfüllens der Converter bemerkt Jeans (Steel, its history etc., S. 369), dass in England hauptsächlich der harte Ganister genannte Sandstein angewandt würde. Derselbe, zu grobem Pulver zermahlen, wird mit etwas Wasser gemischt, um eine halbplastische Masse zu bilden und dann zwischen einem Holzmodell der Innenhöhlung des Converters und der Blechschale der Armatur fest eingestampft. Französische Werke sollen plastische Sande aus dem Isère-Departement und aus Savoyen verwenden.

Die Dauer der Futter gibt Jeans auf 900—1200 Chargen an, wenn dieselben sehr gut hergestellt sind und wenn manganhaltige Chargen nicht verblasen werden. Die Dauer sinkt auf 300—500 Chargen, wenn das Futter schlecht ist oder wenn manganreiche Chargen verblasen werden. Die Böden halten naturgemäss viel weniger, in England 15—30 Chargen, in Frankreich noch weniger, d. h. 15—20 nur.

welchem Präparat er Kalk oder Thon und Thonschiefer, Hochofenschlacke, Kupferrohschlacke, Cement etc. mischen und binden wollte, ging der Erfinder in seinem zweiten Patent vom 5. Oct. 1878, No. 5890, dazu über, durch Mischen von magnesiahaltigem Kalkstein oder Dolomit mit geringen Mengen von kieselsaurer Thonerde und Eisenoxyd Steine oder Ziegeln zu formen und dieselben bei Weissglühhitze zu brennen (cf. Wedding, I. Ergänzungsband, S. 32 u. ff.).

Am meisten wurde ein stark thoniger und eisenhaltiger Dolomit empfohlen, welcher ca. 3 bis 4/₀₀ Al_2O_3 und 5—6/₀₀ SiO_2 mit oder ohne Eisenoxyd (nicht mehr als 2/₀₀) enthielt. Man versuchte auch Gemische von Thon, Thonschiefer, thonerdehaltiger Hochofenschlacke mit Kalkstein, wenn ein leicht dolomitischer Kalk nicht vorhanden war.

Ein gutes Verhältniss sollte z. B. 8—9/₀₀ SiO_2, 4/₀₀ Al_2O_3, 1,5/₀₀ Fe_2O_3 sein, so dass die gebrannten Steine aus der Masse 70—80/₀₀ $CaO + MgO$, nie aber mehr als 20/₀₀ SiO_2 enthalten sollten.

Als Quintessenz des zweiten Thomas'schen Patents ist die Frittung der an sich unschmelzbaren Erden CaO und MgO durch ein Thonerde- und Eisensilikat zu bezeichnen, ein Vorgang, der naturgemäss sich auf verschiedenen Wegen herbeiführen lässt.

Diese Frittung herbeizuführen, ist eine der Eisenschweisshitze gleich- oder nahekommende Temperatur erforderlich, während die hier und da als nothwendig bezeichnete Platinschmelzhitze thatsächlich nie erreicht worden ist.

Ehe nunmehr in jeder Gegend die passendste und auch in ökonomischer Hinsicht günstigste Mischung oder Fütterungsmasse festgestellt war, verging viel Zeit; auch da, wo mächtige Kalk- und Dolomitzüge, wie das Westfalen und Rheinland durchziehende Liegende des Steinkohlengebirges, reiches Material boten (vgl. Band I, die Bemerkungen über die Flusskalksteine und Dolomite), fand man erst nach längerem Probiren das Rechte.

Interessant ist es, dass eine Specialfabrikation basischer feuerfester Materialien auf den mit der Darstellung feuerfester Produkte sich beschäftigenden Anlagen nicht eigentlich gelungen ist. Daran, wie an der vorher hervorgehobenen Schwierigkeit der endlichen Feststellung einer geeigneten basischen Futtermischung ist jedenfalls nur die sehr ungleiche Schlacke der verschiedenen Werke und die daraus hervorgehende, an verschiedenen Orten ungleiche Widerstandsfähigkeit der basischen Fütterungsmaterialien von durchschnittlich mittlerer Zusammensetzung Schuld.

§ 395. Dazu kam die nicht bequeme Form der nach dem zweiten Thomas'schen Patent hergestellten Steine und ihre geringe Aufbewahrungsfähigkeit.

Die nicht bequeme Form resultirte wesentlich aus den Einflüssen der sehr starken Schwindung, wenn der rohe Dolomit direkt zur Steindarstellung verwendet wurde, und die geringe Aufbewahrungsfähigkeit beruhte auf dem nicht vollständigen Durchbrennen der Masse der Steine. Es bildete sich eine gebrannte oder glasirte Kruste aussen herum, die ihres starken Schwindens wegen häufig beim Erkalten zerriss (da der Kern weniger durchgebrannt und in Folge dessen auch weniger geschwunden war) und der Luft den Einlass und die Einwirkung auf den Kern der Steine gestattete.

Das vorherige Brennen des Dolomits und das nochmalige Brennen der Steine verminderte die Gefahren starken Schwindens und ungleichen Brandes, verursachte aber erheblich höhere Kosten.

Die Sinterung rohen und noch mehr schon gebrannten Dolomits durch Thonzusätze (3—4/₀₀) verlangt sehr hohe Temperatur und besondere Vorsichtsmaassregeln beim Bau der zugehörigen Oefen.

Das einfache oder Rohbrennen kann am billigsten in Schachtöfen mit Zug oder mit Gebläse und in direktem Contakt mit dem Brennstoff geschehen; das Brennen der Fabrikate lässt begreiflicher Weise dies nicht zu, sondern verlangt Räume oder Kammern, in welchen die Fabrikate nach allen Anforderungen ihrer Gestalt aufgebaut und disponirt werden können.

Anfänglich benutzte man grosse Flammöfen nach Art der Ziegelöfen Casseler Bauart und legte 2—3 starke Rostfeuerungen daran, die äusserst scharf betrieben wurden. Die Abhitze leitete man in unterirdische Kanäle, auf deren Eisenbelag man die nassen und nachgepressten Steine trocknete.

An der den Feuerungen gegenüberliegenden Seite wurden die Steine eingesetzt und später wieder entfernt; eine hierzu in der Wand reservirte gewölbte Einfahrt wurde vor dem Anfeuern vermauert. Die Sohle derartiger Brennöfen war aus grobem Dolomitpulver hergestellt, während die Wände und Gewölbe meist aus saurem Material bestanden. Beide Arten von Rohmaterial wurden gegenseitig durch verschiedene Mittel isolirt.

Der Brennstoffverbrauch war enorm und stieg bis 350/₀₀ der ausgebrachten Steine. Die in Hörde angewendeten Gasringöfen (Mendheim) arbeiteten, wegen der guten Abhitzeverwerthung, natürlich weit billiger und verbrauchten angeblich nur 40/₀₀ des Steingewichts an Kohlen.

Alle diese Verbesserungen etc. vermochten aber nicht über die aus der Ungleichheit des Materials und der geringen Frittbarkeit desselben hervorgehenden Uebelstände hinwegzuhelfen, und es wurden sehr viele Versuche gemacht, diese Zustände zu bessern, ehe man zu dem jetzigen Weg gelangte, der alle Eigenthümlichkeiten des Materials und des Processes thunlichst berücksichtigt.

§ 396. Die **Dolomite** schwanken bekanntlich in ihrer Zusammensetzung ausserordentlich. Vom normalen Dolomit, dessen Zusammensetzung durch die Formel $\left.\begin{matrix} Ca \\ Alg \end{matrix}\right\} CO^3$ dargestellt wird, bis zum reinen Kalkcarbonat herauf sind die verschiedensten Grade der „Dolomitisirung“ der ursprünglichen Kalke bekannt. Sehr häufig, wie schon Band I, S. 188 u. ff. hervorgehoben und durch Reihen von Analysen bewiesen ist, stehen die in den magnesiahaltigen Kalksteinen sich findenden Gehalte von SiO_2 und Al_2O_3 sowie blosse mechanische Sand- und Thoneinschlüsse in gewisser Beziehung zum Magnesiagehalt. Eine Regelmässigkeit in dieser Hinsicht ist aber höchstens bei Gesteinen desselben Vorkommens zu erkennen, und daher zeigen die Analysen aus verschiedenen Orten sehr abweichende Resultate.

Wedding (a. a. O., S. 40) gibt eine Reihe von Analysen an, die sich auf zum Theil nur versuchte, zum Theil auch weiterhin noch in Anwendung gebrachte Dolomite und dolomitische Kalke beziehen.

No. 1, 2, 3, 4, 6 der Tabelle stimmen sehr genau mit einzelnen der Analysen, die im I. Bande dieses Werkes, S. 191 gegeben sind, überein und beziehen sich auf Dolomite von der Lahn, die angeblich in Oberhausen und Bochum angewandt worden sind. Ebenso fällt der Dolomit No. 11 von Liebenstein vollkommen zusammen mit dem hier (Band I, S. 192) citirten, von Wackenroder analysirten Dolomit aus derselben Lokalität.

Die übrigen Analysen sind hier mitgetheilt (anders numerirt und aufgestellt).

Von	CaO	MgO	FeO	MnO	CO^2	H_2O	SiO^2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Mn_2O_3	P_2O_5
1. Trier (zu Creusot gebraucht) . .	29,86	20,17	—	—	45,64	—	4,34	—	—	—	—
2. Westfalen (zu Hörde gebraucht)	31,36	19,28	—	—	45,86	—	2,00	1,50	—	—	—
3. Zu Peine gebraucht	30,12	19,21	0,26	—	44,97	2,00	1,35	2,05	—	—	—
4. Bei Vygen etc. verwendet	30,09	19,12	1,40	—	45,59	—	3,04	0,73	—	—	0,03
5. Middlesbro'	28,52	17,56	1,78	—	43,05	—	6,52	2,57	—	—	—
6. Alexandrowsky (Petersburg) . .	40,00	9,00	—	—	41,30	—	5,00	5,00	—	—	—
7. Stolberg (?, zu Rothe Erde gebr.)	42,83	8,38	Sp.	—	42,85	4,51	0,44	0,12	0,66	—	Sp.
8. } Oberschles. (als Zusätze z. Kalk-	43,08	7,57	—	—	42,18	4,08	2,06	1,03	—	—	—
9. } stein in Witkowitz verwendet)	45,70	4,91	—	—	41,31	4,36	1,68	1,88	—	—	—

Bei Analyse 3 befinden sich unter den 2,00 H_2O auch 1,24 gebundenes H_2O; ausserdem sind überhaupt noch $0{,}003/_{00}$ SO^3 nachgewiesen worden. Bei Analyse 6 ist zu bemerken, dass alle Werthe abgerundete Durchschnittsergebnisse darstellen. Analyse 7 hat unter 4,51 Wasser auch organische Substanz mit einbegriffen; ausserdem sind noch Spuren von Alkalien nachgewiesen.

Die vorstehenden Beispiele genügen neben den Band I citirten, um über die Beschaffenheit vorhandener und angewandter Dolomite zu orientiren.

Man wird wohl im Allgemeinen alle diejenigen zu vermeiden haben, welche viel freien Thon und Sand enthalten, weil deren Antheil alsdann ein ausserordentlich schwankender ist und gewöhnlich das Maass des Zulässigen übersteigt.

Wegen der bei grossem Bedarf vorkommenden und zu constatirenden Abweichungen von der selbst in grosser Durchschnittsprobe erkannten Zusammensetzung und der daraus sich ergebenden ungleichen Wirkung im Betrieb ist oftmals ein Mischen von recht reinen Kalken oder dolomitischen Kalken mit Thon etc. vorgezogen werden, da namentlich reine Kalke nicht selten mächtig auftreten.

Gelegentlich der Besprechung von Surrogaten des Dolomits wird auch der Verwendung reinen Kalksteins zu gedenken sein.

§ 397. Ehe zu denselben übergegangen wird, ist noch die **Veränderung der magnesiahaltigen Kalke und der Dolomite beim Brennen** zu besprechen.

Offenbar besteht die wesentlichste chemische Veränderung der genannten Rohmaterialien aus nachstehenden, aufeinander folgenden Vorgängen:

Austreibung des hygroscopischen Wassers,
„ „ gebundenen Wassers (in Thon und an Eisenoxyd gebunden),
„ „ Kohlensäuregehaltes.

Während die beiden ersten Vorgänge keine erhebliche Erhitzung beanspruchen, ist zur Austreibung der Kohlensäure eine sehr hohe Temperatur nothwendig. Legt man zur theoretischen Ermittelung der letzteren den bereits im II. Bande, S. 9, § 18 ausgesprochenen Satz zu Grunde, dass die bekannte Zersetzungswärme des Kalkcarbonats den Zersetzungsprodukten sich ungeschmälert mittheilt, so entspricht der **vollständigen** Zersetzung des Kalkcarbonats eine Temperatur von ca. 1700° in den Produkten, ungerechnet die unvermeidlichen Verluste. Es muss also wohl das Kalkcarbonat allein bis zur Weissgluth erhitzt werden, um absolut entsäuert zu sein.

Dieses Postulat wird einigermaassen dadurch weniger scharf, dass die in der Praxis vorzugsweise angewandten dolomitischen Kalke, die leichter zersetzbaren Eisen- und Mangancarbonate enthalten

und dass die eintretende Frittung, d. h. der Beginn einer Kalkthonerde-Silikatbildung das Austreiben der letzten Kohlensäurespuren unterstützen dürfte.

Die Stellung des Magnesiacarbonats hinsichtlich der Zersetzungswärme ist nicht ganz klar; bei den Hochofenrechnungen nimmt man gleiche Zersetzungswärmen an (cf. Bd. II, S. 75, Zeile 1—3 von oben), so lange eine besondere wissenschaftliche Bestimmung für das reine Magnesiumcarbonat nicht existirt*).

Mit der Zersetzung des kohlensauren Calcium allein sind wohl Versuche gemacht worden, deren Resultate auf ziemlich hohe Temperaturen bezüglich der vollständigen Zersetzung hinweisen.

Nach diesen Versuchen (von Debray) ist die Kohlensäureentwickelung bei 440^0 noch unmerklich, wenn Doppelspath im luftleeren Raum erhitzt wird; bei 860^0 (Cadmiumdampf) wird sie merklicher und setzt sich fort, bis der Druck auf 84 mm gestiegen ist, dann entwickelt sich trotz andauernder Erhitzung keine Kohlensäure mehr. Leider erstreckte sich der Versuch nicht weiter; unter Anwendung einer gewissen Druckverminderung würde die Grenze der absoluten Entsäuerung wohl in die Weissgluth hinausgerückt worden sein.

Ein ähnlicher Versuch für reines Magnesiumcarbonat ist nicht vorhanden, wohl aber existirt eine Erfahrung, die Erwähnung verdient, weil sie die Zerlegbarkeit der beiden Hauptbestandtheile der Dolomite einigermaassen aufklärt.

Findeisen (Wagner's Jahresbericht 1860, 255) benutzt nämlich die ungleiche Zerlegbarkeit der beiden Carbonate (Calcium und Magnesium) zur Darstellung von Bittersalz; er glüht den Dolomit in Retorten nur so stark, dass das kohlensaure Magnesium, nicht aber das kohlensaure Calcium die Kohlensäure verliert.

Demnach muss unbedingt das Magnesiumcarbonat die Kohlensäure eher vollständig verlieren als das Calciumcarbonat und man ist eigentlich berechtigt weiter zu schliessen, dass die zur Vertreibung nöthige Temperatur nicht mit dem Magnesium-, sondern mit dem Calciumgehalt steige.

§ 398. Ausser den heute fast ausschliesslich angewandten Dolomiten und magnesiahaltigen Kalksteinen, bezw. den ähnlichen oder entsprechenden Mischungen verschiedener Rohmaterialien, hat man auch andere Stoffe und Stoffgemenge vorgeschlagen und auch versuchsweise benutzt.

Ausser Magnesia selbst, die man durch Brennen aus reinem Magnesit $MgCo_3$, aus Dolomit mittelst Extraktion durch Säuren, Chlormagnesiumlaugen oder Zuckerlösung und Fällen darzustellen vorschlug (Verfahren von Tessié de Mothy, d'Adelswaerd, Closson & Scheibler, Rümpler, Ramdohr, Eschellmann etc.), versuchte man die Anwendung von reiner Kalkerde, der Strontianerde, der Baryterde und der Thonerde, endlich verschiedener Metalloxyde und der Kohle.

Von diesen sämmtlichen Stoffen hat nur die nach dem Verfahren Closson & Scheibler dargestellte Magnesia eine Zeitlang die Aufmerksamkeit der metallurgischen Praxis zu erregen vermocht, ist aber in der Anwendung doch nicht ökonomisch genug gewesen, um weitere Verbreitung zu erreichen.

Closson (Deutsches Patent No. 11456) zersetzt gebrannten Dolomit durch Magnesiumlaugen (Abfalllaugen der Stassfurter Kalifabriken) oder durch andere ähnliche Stoffe, wobei sich Chlorcalium und Magnesia bildet.

$$MgCl_2 + \left\{ \begin{matrix} CaO \\ MgO \end{matrix} \right\} = CaCl_2 + 2\ MgO.$$

Das zurückbleibende und gefällte Magnesiahydrat war ungemein plastisch, so dass es ohne Thonzusatz zu Steinen geformt werden konnte.

Eine von Wedding a. a. O., S. 43 angegebene Analyse ergab:

96,60 MgO,
1,94 CaO,
1,05 SiO^2, Fe_2O_3, Al_2O_3.

Scheibler (Deutsches Patent No. 14936) benutzte verdünnte Zuckerlösung, um aus Dolomit Magnesia zu gewinnen.

Der gebrannte Dolomit wird zerkleinert, zu Milch angemacht und als solche in eine Melasselösung von bestimmter Stärke (10—15 Volumenprocente) eingetragen, welche den Kalk als Zuckerkalk auszieht und die Magnesia zurücklässt. Aus ersterem wird durch Kohlensäure der Kalk ausgefällt und so die Zuckerlösung regenerirt, wozu allerdings wiederum eine Filtration nöthig ist.

Eine durch diesen Process in Hörde dargestellte Magnesia enthielt:

95,99 MgO,
2,18 CaO,
1,47 SiO^2, Fe_2O_3, Al_2O_3.

*) Wedding sagt (a. a. O., S. 39): Die zur Vertreibung nöthige Temperatur steigt mit dem Magnesiumgehalte. Dies als richtig zugegeben, ist die gleichfalls von Wedding angegebene Temperatur von 1000^0 für das vollständige Dolomitbrennen als eine recht mässige zu bezeichnen, denn sie ist mindestens 700^0 niedriger als die theoretisch feststehende Endtemperatur des seiner Ansicht nach weniger Wärme erfordernden Kalkentsäuerungsprocesses.

Da bei beiden Verfahrungsweisen ein Brennen des Dolomits erforderlich war, so musste die Anwendung Beider scheitern, sobald die direkte Verwendung des Dolomits zum Füttern, die ebenfalls ein Brennen desselben verlangte, zu einem gewissen Erfolge gelangt war.

Die übrigen Surrogate, über welche Wedding in gründlicher Weise berichtet (a. a. O., S. 45 – 50), vermögen jetzt noch weniger das Interesse zu erregen, als die längere Zeit hindurch aufmerksamer behandelte Magnesia.

Die Verwendung des Dolomits hat sich zu einer fast gleichen Bequemlichkeit in der Handhabung entwickelt, wie sie schon längst bei den sauern Futtermaterialien geläufig ist, welche man bald als hartgebrannten Stein, als teigige Chamotte sowie als trockene oder feuchte Mehle gebraucht, Dank der ausgezeichneten Plasticität des rohen feuerfesten Thones und dessen Fähigkeit, beim Brennen die magern Bestandtheile zusammen zu halten und fest zu verbinden.

§ 399. Bei dem Dolomit hat hinsichtlich der Bindung bereits Thomas zum Thonerdesilikat gegriffen, nachdem das Wasserglas sich als ungeeignet erwiesen hatte. Da aber die Wirksamkeit des Thonerdesilikats bei dem Brennen sich weniger in Form einer blossen Bindigkeit äussert, als in der einer Sinterung durch Bildung einer Kalkthonerdeschlacke, so versuchte man, wegen der Strengflüssigkeit dieser Schlacke, eine Reihe anderer Sinterungsmittel herzustellen.

Das Verfahren von Althans, Junghann und Uelsmann (deutsche Patente No. 10411, 11561, 11539, 13593, 14971, 15510) beruht darauf, dass kohlensaure alkalische Erden mit gleichen Aequivalenten Chloralkalien schon bei Rothgluth zu hellen homogenen Flüssigkeiten zusammenschmelzen und, der Weissglühhitze ausgesetzt, unter Gasentwickelung zu festen, unschmelzbaren Körpern erhärten. Bei Ueberschuss von Kalk und Magnesia ($95/_{00}$ des Ganzen) frittet die Mischung zu einem festen Körper unter Schwindung von nahezu 50 Volumprocenten. Gebrannte Magnesia allein gibt hierbei einen dichten Körper, während roher Kalk und Dolomit eine poröse Substanz ergeben.

Erhitzt man ein aus letzterer dargestelltes (sehr schweres) Pulver abermals mit einer geringen Menge ($1-2/_{00}$) des Flussmittels, so erweicht dasselbe abermals vorübergehend und frittet, ohne mehr zu schwinden, zu einer festen, unschmelzbaren Masse zusammen (Wedding a. a. O., S. 51).

Die in grösserem Maassstab versuchte Ausführung eines nach vorstehenden, interessant bleibenden Erfahrungssätzen ausgebildeten Darstellungsverfahrens von Chamotte und von Steinen ergab mehrfach die nur unvollkommene Wirkung des Sinterungsmittels, weshalb nach und nach zu immer energischeren Beimengungen gegriffen wurde. Nacheinander benutzte man Flussspath, Kryolith, Alkalicarbonate, kaustische Alkalien, bis man schliesslich auf die Mitbenutzung des Theers kam, der bekanntlich heutzutage allein vollkommen ausreicht, Dolomitmaterialien zu agglomeriren.

Damit war die Ueberflüssigkeit aller Zusätze eigentlich schon bewiesen und die Methoden mussten fallen. Ebenso verhielt es sich mit dem durch Borsig (Patent No. 12196) vorgeschlagenen Zusatz von Borsäure in Form reiner Säure, von Borax oder Boracit.

Als durchaus verwerflich bezeichnet Wedding mit vollkommenstem Recht alle leichtflüssigen oder den Schmelzpunkt herunterziehenden Zusätze, wie Mennige, Bleiglätte und Manganerze (Bochumer Verein, R.-P. 10683).

Nicht ganz so schlimm, aber ähnlich nachtheilig wirken alle Eisenoxyde und Eisensilikate (Frisch- und Puddelschlacken). Die Anwendung von eisenfreien Hochofenschlacken ist (wenn sie manganfrei sind und an sich nicht zu den Schlacken kalten Ganges gehören) wohl nicht so bedenklich, als Wedding annimmt. Bei kiesel- und thonerdereicheren Dolomiten ist sie indess auch durchaus verwerflich, weil sie die Menge des Frittmittels unbedingt erhöht und die basische Qualität der Steine herunterbringt.

§ 400. Die in dem Vorstehenden behandelten Erfahrungen ergeben die Nothwendigkeit, das basische Material bis zur Sinterung todt zu brennen. Geschieht dieses Brennen nach erfolgter Herstellung der Fertiggestalt des basischen Fabrikats, dann ist die Sinterung gleichzeitig ein Mittel der Agglomeration, d. h. im weitesten Sinn der Plasticität, insofern die Beimengung besonderer plastischer Hilfsmittel nicht nöthig ist.

Sollen aber aus dem todtgebrannten, d. h. gesinterten Dolomit plastisch zu gestaltende Massen zubereitet werden, so ist entweder der neue Zusatz von dem natürlichen und ursprünglichen Sinterungsmittel erforderlich, oder man muss ein anderes Bindemittel aufsuchen.

Da die zweite Sinterung weit schwieriger von Statten geht als die erste, anfängliche, so hat man nach versuchsweiser Anwendung neuer Zusätze von feuerfestem Thon sich nach etwas Anderem umgesehen. Thomas schon, selbst seine Vorgänger, verfielen auf den Steinkohlentheer, welcher in seiner dickflüssigsten oder wenig schmelzbarsten Varietät, dem künstlichen Asphalt (brai sec der Belgier und Franzosen) bereits das Bindemittel für die Herstellung der plastischen Kohle, sogar der Kohlenschmelztiegel bildete.

Derselbe, als mässiger Zusatz ($5-7^1/_2$ %$_{00}$) zu Cokes- oder Graphitpulver gebracht und mit etwas Oel befeuchtet, gab bereits plastische Cokes- oder Graphitchamotte, die in Formen gestampft oder gepresst werden konnte. Brannte man die dargestellten Objekte bei dunkler Rothgluth und bis nach geschehener Entgasung (Abflammen), so blieb als festes, hartes Bindemittel ein feinvertheilter Asphaltcokes zurück, wie bei den backenden Steinkohlen die bituminösen Theile nach ihrer Entgasung als hart gewordener Mörtel die minder bituminösen Bestandtheile zu steinharten Cokes verkitten.

Während man bei der Industrie der plastischen Kohlen (Wasserfilter, Elementenkohle, elektrische Kerzenstäbe, Tiegel etc.) sowie bei der Briquettirung den Asphalt pulverte und hierzu nur etwas kühles Wetter nöthig hatte, um das Weichwerden zu vermeiden, ging man bei der Herstellung der basischen Fütterungsmassen mit der direkten Verwendung des rohen Theers vor, welcher dazu nur einer Entwässerung bedarf, die gewöhnlich durch Kochen bewirkt wird. Das letztere geschieht meist über offenem Feuer in nicht ganz ungefährlicher Weise; doch ist diese Gefahr auf ausgedehnten Converteranlagen weniger bedenklich als innerhalb anderer Bauconstruktionen.

Für den letztgedachten Fall würde unbedingt das von Wedding empfohlene Mittel der Anwendung überhitzten Dampfes, der in Schlangen circulirt, welche in den Theerbassins liegen, anzuwenden sein. Die Verwendung solchen Theers, welcher die Destillationsanstalten bereits passirt hat und aus schweren Oelen und dem zurückbleibenden Asphalt wieder zusammengestellt worden ist, macht die vorgängige Entwässerung überflüssig (Wedding a. a. O., S. 53).

§ 401. Das Mischen des entwässerten Theers mit dem gebrannten und zerkleinerten Dolomit geschieht in verschiedener Weise; von der Hand oder mittelst Maschinen. Die Arbeit mit den letzteren ist unter Umständen billiger und gleichmässiger, während die Handarbeit einen geringeren Theerverbrauch involvirt.

Gemahlen wird der Dolomit auf Koller- oder Steinmühlen, mit Theer gemischt auf ebensolchen unter reichlicher Anwendung von Abstreifvorrichtungen oder auch in Thonschneidern.

Der Theerverbrauch ist je nach der Beschaffenheit des Dolomits ein sehr verschiedener und wird nach dem Aussehen des Gemisches selbst bemessen und geregelt, indem man danach strebt immer den gleichen Grad von plastischer Beweglichkeit zu erhalten. Schärfer gebrannter Dolomit absorbirt weit weniger Theer als weniger gebrannter, der naturgemäss poröser geblieben ist. Fein gepulverter Dolomit nimmt mehr an als gröber gebliebener, so dass die Ziegelmasse, welche gröber gehalten wird, weniger Theer enthält als die Mörtelmasse, zu welcher man die feinen staubartigeren Zerkleinerungsprodukte vorzieht (und durch Sieben oder Rättern von den gröberen sowie den überhaupt ungenügend zerkleinerten gröbsten Theilen trennt).

Die gewöhnlich nach Maass bestimmte Thonmenge beziffert sich dem Gewicht nach auf 7 bis 18 Procent des Dolomitgewichtes. Da Versuche des Verfassers mit plastischer Kohle bei Zusatz von $7^1/_2$ %$_{00}$ gepulvertem brai sec oder künstlichem Asphalt die vollkommenste Bindung ergeben haben und da der zerriebene Retortengraphit sich vermuthlich absorptionsfähiger verhält als der Dolomit, so kann man das bei einzelnen Werken, z. B. Rothe Erde und Ruhrort (Rhein. Stahlwerke), eingehaltene Verhältniss von $7-9$ %$_{00}$ als durchaus angemessen erachten.

Würde man ähnlich verfahren wie bei dem Briquettiren anthracitischer, absolut backunfähiger Kohlen (Neulaurweg bei Kohlscheid) und den gemahlenen Dolomit mit dem ebenfalls gemahlenen Asphalt auf einem Kollergang zusammenbringen und unter Anwendung von heissem Dampf oder heissem Wind miteinander verreiben, wobei dann durch das Erweichen des Asphalts das Binden der Masse eintritt, so würde man eventuell mit noch geringeren Mengen des Sinterungs- oder plastischen Mittels ausreichen.

Ob die Anwendung des brai sec ökonomisch angängig ist, kann hier nicht beurtheilt werden; man sollte indess wohl glauben, dass seine Verwendbarkeit zu Briquettes aus Kohlenklein auf eine Anwendbarkeit bei der Massenfabrikation basischer Futter ohne Weiteres schliessen lassen könnte.

Jedenfalls ist die Technik dieser basischen Theermörtel noch jung und mancher Verbesserung, wenn nicht unmittelbar bedürftig, so doch fähig; man wird sich eventuell bemühen, den Theerverbrauch durch energischer arbeitende Mechanismen herunterzubringen, denn das zum Binden erforderliche Minimum kann 5 %$_{00}$, als Asphalt oder brai sec vorausgesetzt, betragen; die neben dem Asphalt im Theer befindlichen Oele flammen meist ohne Bildung bindender Rückstände ab und sind Ballast, der nur die Beweglichkeit der Masse vorübergehend steigert.

§ 402. Der Theermörtel oder die Theerchamotte wird entweder als solcher zum Ausstampfen gebraucht oder zur Ziegeldarstellung verwendet.

Die Ziegeln werden in eisernen Formen dargestellt und müssen auch in denselben geglüht werden. Die Formen leiden dabei ziemlich stark, da jede überdies schwer zu vermeidende Ueberhitzung verderblich wirken muss.

Vorschläge, die Formen aus ganz dünnem Blech zu machen und dieses Blech im Glühofen preiszugeben und einfach verzehren zu lassen, ergaben kein vortheilhaftes Resultat (Melaun'sche Patente

No. 12562 und 12570). Am besten bewähren sich noch starke Blech- oder Gusseisenformen, welche aus vier zusammengesteckten Stücken bestehen und leicht vom fertigen Stein abgehoben werden können.

Sie sind dann oben und unten offen wie manche Ziegelformen und werden, auf eisernen Platten liegend, vollgestampft und geebnet. Das Kennzeichen guter Darstellung besteht im Erreichen eines bestimmten Gewichts des Steins; im anderen Fall ist zu wenig Masse und Arbeit verwendet worden.

Ein Ziegel von 235 mm Höhe, 320 mm radialer Ausdehnung, 181 mm innerer, 244 mm äusserer Breite wiegt 37—38 Kilo und wird im Abflammofen in 6 Stunden fertig gebrannt. Sollen die Steine kalt herausgenommen werden, so muss man sie noch 9—10 Stunden kühlen lassen.

Um das Ausbrennen des Theers auf den freien Flächen des im Formkasten steckenden Steins zu verhindern, setzt man entweder Stein auf Stein und bedeckt die Oberfläche des obersten Steins mit einer Blechplatte oder man bedeckt überhaupt jeden Stein für sich. Das erstere ist einfacher und praktischer.

Die zum Abflammen benutzten Oefen sind hochgewölbte Oefen mit einer zur Erzeugung der Rothgluth ausreichend dimensionirten Planrostfeuerung, auf deren Construktion wohl nicht näher eingegangen zu werden braucht. Sogenannte Casseler Ziegelöfen, mehr noch die zum Nachglühen und Tempern der Hochofenschlackensteine benutzten Oefen (Band II, S. 347) werden am ehesten dem Zweck entsprechen.

Ausser dem Theer sind auch noch andere Frittmittel vorgeschlagen worden, unter Anderem rohes Petroleum (Riley), Theer- und Harzöl, welche natürlich kein Resultat gaben, da sie nicht binden, sondern einfach abdampfen und loses Dolomitpulver zurücklassen.

Organische, sauerstoffhaltige Klebmittel (Blut, Kleister, Leim, Melasse) geben nicht Kohle genug zur Bindung; auch tritt bei ihrer Verkohlung die nothwendige Erscheinung des Schmelzens nicht ein, welche die schweren Kohlenwasserstoffe so sehr wichtig für den Cokereiprocess macht, und welche auch für die basischen Mörtel von unendlicher Wichtigkeit ist. Gyps, essigsaurer Kalk, Kalkmilch selbst ergeben ebenfalls keine Resultate von praktischer Bedeutung.

§ 403. Die Ausfütterungsarbeiten selbst verlaufen gegenwärtig in ähnlicher Weise wie bei dem sauren Futter; hat man es doch in beiden Fällen mit der Bewältigung einer plastischen, aus steinigen und erdigen Substanzen vorwiegend bestehenden Masse zu thun.

Wie bei der sauren Einkleidung der Converter kann man ausmauern oder ausstampfen. Im ersten Fall unterscheidet man die Ausmauerung mittelst gebrannter, ohne Theer hergestellter Dolomit-, Kalk- und Magnesiaziegeln und mittelst der Theerziegel selber. Man benutzte im ersten Fall entweder einen aus Dolomit, Frittmittel und Wasser angemachten Mörtel oder besser noch einen mit Theer angemachten Mörtel aus gefrittetem Dolomitstaub.

Im zweiten Fall, dem der Ausmauerung, kann man ohne Mörtel und mit Mörtel arbeiten; baut man das Futter aus nicht vollständig abgeflammten Ziegeln auf, so fritten dieselben, sobald der Theer zum Erweichen gelangt ist, und die ganze Masse sinkt zusammen.

Die aus Dolomitziegeln ohne Theer aufgebauten Futter müssen vorsichtig abgewärmt werden, ehe sie in Gebrauch kommen; die mit Theersteinen ausgesetzten Converter dagegen bedürfen einer stärkeren Erhitzung, so zwar, dass die oben charakterisirte Erscheinung eintritt. Die Fugen schliessen sich durch Schmelzen der Asphaltbestandtheile und bei der Vergasung der letzteren tritt wieder eine Erhärtung ein, welche das Futter gewissermaassen fertigstellt, wenn nicht noch Risse auszufüllen sind.

Das Ausstampfen des Birnenfutters geschieht nur noch mit der Theermasse, da der andere basische Mörtel oder die basische Chamotte zu wenig haltbar ist, um in der gedachten Weise verwendet werden zu können.

Man bedient sich wie bei der Verwendung saurer Chamotte eines Modells für den Innenraum (Holz mit Blech beschlagen) und eiserner Stössel, welche ebenfalls angewärmt werden müssen. Das Futter wird nach dem Boden zu etwas stärker gehalten, wie die Birne auf Tafel XIII auch beweist.

Man wendet auch combinirte Ausfütterungsmethoden an, mauert und stampft theilweise, was namentlich zur Ersparniss von Arbeitslohn führt. Ob aber die Haltbarkeit die gleiche ist, muss bezweifelt werden, denn fast überall ist man von der combinirten Methode zurück- und auf die eine oder andere einfache Methode gekommen.

Es liegt auch auf der Hand, dass ebenso wie bei der sauren Chamotte und den sauren Steinen, nur noch mehr bei der basischen Chamotte und den basischen Steinen ein inniges Zusammenhalten in der Temperatur des Gebrauches zweifelhaft sein muss, da beide Arten des Materials verschiedene Schwindmaasse besitzen und sich stets voneinander abziehen werden.

Noch ist hier der durch das Reichs-Patent No. 14005 geschützten Reparaturmethode zu gedenken, welche mittelst eisernen Modells und starker Erhitzung geschieht (vgl. auch Wedding a. a. O., S. 68). Das Verfahren scheint nur anwendbar, wenn Obertheil und Hals verhältnissmässig wohl erhalten sind.

Nur wenn das einzusteckende eiserne Hohlraummodell in einer noch erhaltenen Zone den nöthigen Anschluss findet, ist eine gute und haltbare Ausbesserung der weggefressenen Theile denkbar.

§ 404. Am Schluss der Betrachtungen über Converterfutter und Auskleidung der Converter muss noch der Hilfsvorrichtungen gedacht werden, welche dazu erforderlich sind. Damit sind nicht die den keramischen Gewerben entnommenen Zerkleinerungs- und Mischapparate gemeint, auch nicht die Oefen, sondern die beim Transportiren und Zusammensetzen erforderlichen, zum Theil rasch und kräftig arbeitenden Maschinen und Mechanismen.

Im Anfang des Converterbetriebes glaubte man mittelst Geleiseanlagen, auf denen niedrige Transportwagen circulirten, sowie mit den die Giessgrube umstehenden Blockkrahnen, allenfalls noch mit einer im Dachgespärre geeignet angebrachten Lastwinde auszukommen, zumal die gegen jetzt geringe Grösse der Converter, dann ihre weit durchgeführte Theilbarkeit, das Auswechseln, Aus- und Einheben der einzelnen Theile keine übermässige Anstrengung machten. Die Disposition der Bessemeranlagen älteren Typus (vgl. Tafel XXI) zeigt z. B. keine besondere Winden- oder sonstige zum Aufbauen und Zerlegen des Converters allgemein disponible Anlage. Die Räume zur Vorbereitung und Herstellung der Futtermaterialien sind nur durch die Souterrains der Cupolofenterrasse in Verbindung mit der Giessgrube und der Giesshalle, und jedenfalls sind die neben der Giessgrube stehenden Krahne zum An- und Abheben in Benutzung genommen worden, wenn nicht Lastwinden in irgend einer Weise zur Wirkung gekommen sind.*)

Zuerst machte sich das Bedürfniss rascher und bequemer Auswechselung geltend in denjenigen Bezirken, welche zu einer Steigerung der Produktion gezwungen waren.

Die Disposition eines der besseren amerikanischen Bessemerwerke (Tafel XXV) zeigt die mit einigen Modificationen später auch in Deutschland angewandte Benutzung eines fahrbaren hydraulischen Krahns, der sich auf einem unter beiden Convertern durchgehenden Geleis hin- und herbewegen lässt. Die Böden und Rümpfe werden in besonderen Darrkammern an der Seite und eventuell auch an der Front der Giesshütte getrocknet, nachdem sie aus den Ateliers auf dem durchgehenden Geleise hereingebracht worden waren. Die Blockkrahne (vier an der Zahl, von denen einer ausschliesslich, zwei andere in Nebenarbeit mit dem Transport der feuerfesten Präparate zu thun haben) heben die Gegenstände von den anbringenden Wagen auf die Darrkammerwagen und nach erfolgtem Brennen von diesen auf die Plattform der hydraulischen Hebevorrichtung, welche in der Profilfigur 1 der angezogenen Tafel mit *m* bezeichnet ist.

Die auf Tafel XXI dargestellte Einrichtung von Ougrée zeigt die stabile Anlage von hydraulischen Hebevorrichtungen zum Montiren und Demontiren der Converter, auf deren Plattform sich Geleise befinden, welche im Zustand des tiefsten Standes mit anderen Geleisen in Verbindung stehen, die im Grundriss nicht weiter angedeutet sind, aber als parallel mit der Drehungsebene der Converter gedacht werden müssen. Die Einrichtung selbst ist aus der Figur 1 deutlich zu erkennen; sie wird durch eine besondere Ventilanlage gesteuert werden.

Die auf Tafel XXIV dargestellte Disposition zeigt Souterraingeleise, welche mit einer unter jedem der beiden Converter durch Kreise angedeuteten hydraulischen Hebevorrichtung in Verbindung sich befinden und diese wiederum mit den im weitläufigen Souterrain angelegten Ateliers, Darrkammern etc. in Zusammenhang versetzen.

§ 405. Am meisten bildete man diese hydraulischen Hilfsanlagen aus, als man zum basischen Betrieb übergegangen war und dessen Anforderungen an raschem und erfolgreichem Wechsel der einzelnen Converterstücke erkannt hatte.

Holley in seinem bekannten Aufsatz: On adaption of Bessemer plant to the basic process (Iron Age 1880, 11. Novbr.) setzt gleich das Vorhandensein hydraulischer Hebevorrichtungen unter den Convertern voraus und führt mit einem für die verschiedenen Theile verschieden construirten Wagen diese Theile so heran, dass sie unmittelbar angeschlossen werden können. Auch R. M. Daelen hat bei der unter No. 11361 ihm patentirten Theilung der Birne einen hydraulischen Elevator vorausgesetzt (vgl. Wedding a. a. O., S. 83).

Das Detail eines solchen Elevators neuerer Construktion theilte Egleston in seinem Vortrag über den basischen Process mit (Transactions American Institute of Mining Engineers, Vol. VII, 1885).

Derselbe befindet sich auf den Südstaffordshire-Werken und wird sorgfältig geführt, um jeder schiefen Belastung entgegenzuarbeiten. Unter dem drehbaren Kopf trägt der Plunger des Apparates ein Kreuz aus aufgebogenen Armen, welche an ihren Enden armartig die Gleitbahnen umfassen, von denen eine an der einen Tragsäule, die andere an Gleitschienen der Rückmauer befestigt sind.

Die Figur links zeigt das Heben des mit dem Schnauzenkonus in dem Wagengestell ruhenden Converters über die geöffneten Lager hinaus, während die Figur rechts den nach Drehung um 90⁰ nun ungehindert die Zapfenlager passirenden, auf die Hüttensohle herabgesenkten Converter vorstellt. Auf

*) Man darf nicht vergessen, dass die Chargenzahl der damaligen Zeit eine sehr beschränkte war, dass vielfach Nachts gar nicht gearbeitet wurde und dass somit die Zeitpunkte des nothwendigen Ersatzes weit auseinander lagen und den Einbau besonderer Montirungsgerüste aus Holz etc. ganz wohl gestatteten.

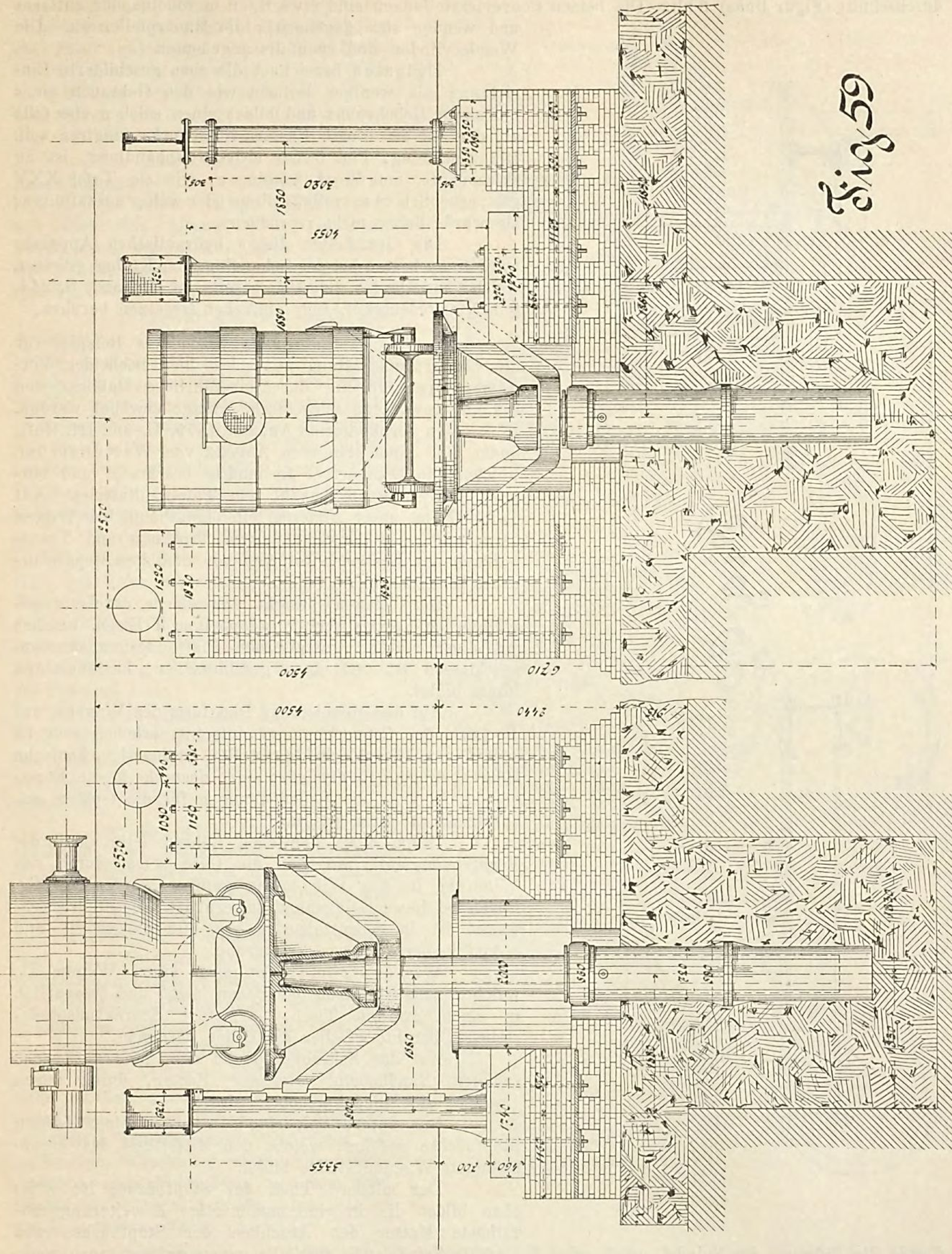


Fig. 59

der zuletzt genannten Figur ist noch die Plattformsäule nebst Träger skizzirt, welche auf dem Plungerdurchschnitt (Figur links) fehlt. Die beiden Converterstellungen sind etwa 8—9 m voneinander entfernt und wenden sich gegenseitig die Mauerpfeiler zu. Die Wendecylinder sind ebenfalls angedeutet.

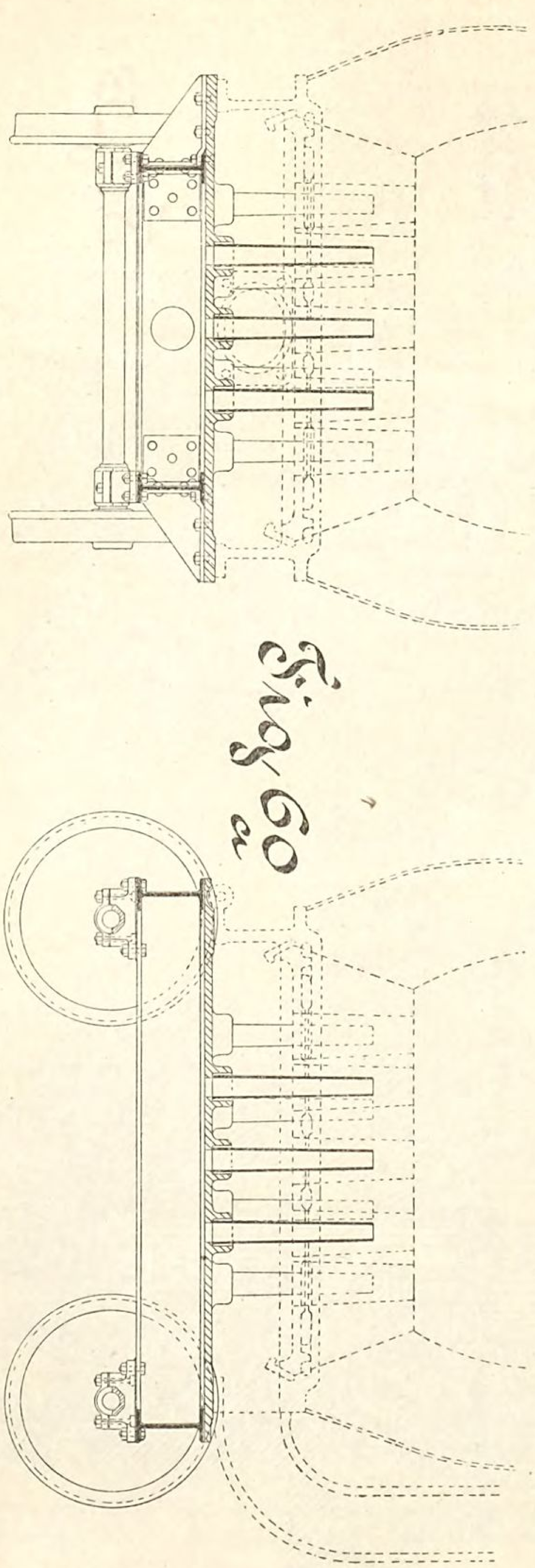


Fig. 60a

Egleston bezeichnet die eben geschilderte Einrichtung als weniger bequem wie den Gebrauch eines fahrbaren Hebekrahns und bildet einen solchen ebenfalls ab, der auf den North Eastern Steelworks fungiren soll. Die Zeichnung, Fig. 5 der citirten Abhandlung, ist zu skizzenhaft, um die Andeutungen, wie sie Tafel XXV gibt, erheblich zu vervollständigen oder weiter auszuführen; sie wurde daher nicht reproducirt.

Die Grundsätze dieser hydraulischen Apparate werden am besten bei der Behandlung der Krahne erörtert, welche auf absolut gleichen, bereits im II. Band, S. 244, § 415 angedeuteten, sehr einfachen Gesetzen beruhen.

§ 406. Als ein ganz besonderes Beispiel für die Converterausrüstung etc. muss hier noch der Vorwärmapparat für eine durch ausführliche Publicationen bekannt gewordene schwedische Anlage erwähnt werden.

In Jernkontorets Annaler 1879, II. und III. Heft, findet man einen längeren Aufsatz von Wittenström, welcher die Domnarfvet Eisenhütte beschreibt und mittelst einer grossen Anzahl von Tafeln illustrirt. Auf Tafel IX ist unter Anderem ein eigenthümlicher Wagen dargestellt, der vorwiegend zum Trocknen und Transportiren der Bessemer-Retorten von und zum Reparaturraum benutzt wird.

Der Wagen besteht aus einem durchaus geschlossenen Rahmenwerk von doppeltem T-Eisen, welches mit einer starken gusseisernen Platte fest zusammengeschlossen ist und einen geschlossenen, kastenartigen Raum bildet.

Auf der gusseisernen Plattform des Wagens, auf der sich der Converterrumpf aufsetzt, erheben sich 13 aus dünnem Eisenblech hergestellte, düsenartige, konische Röhren, welche so disponirt sind, dass sie in die Formhöhlen, d. h. in die Bodenöffnungen für die (später einzusetzenden) Feren passen.

Durch diese konischen Röhren leitet man die Verbrennungsluft, wogegen die Gase selbst durch das Windrohr in den Windkasten geführt werden, dessen Boden bei dieser Gelegenheit entfernt ist. Dieser Trockenwagen ist in nebenstehender Fig. 60a dargestellt und bedarf keiner weiteren Erörterung.

Wittenström bildet noch einen Wagen ab, welcher zum Einsetzen der Böden dient und wesentlich in einem starken Tisch, auf einer Schraubenspindel stehend, beruht, welcher die Böden aufnimmt.

Auf der Schraubenspindel sitzt eine mit sechs radialen Handhebeln versehene Mutter, durch deren Drehung die Spindel gehoben wird.

Das untere Spindelende wird in einer langen Stopfbüchse geführt, welche den Mitteltheil des kreuzförmigen Wagengestelles bildet.

Der mittlere Theil der Stopfbüchse ist weit; oben bildet die in eine muffenartige Erweiterung einfallende Mutter den Abschluss der Stopfbüchse und damit die Führung der Spindel, unten wird das glatte Spindelende ebenfalls genau geführt, auch wenn das eingeschnittene Gewinde mit dem unteren Rand der die Stopfbüchse schliessenden Muffen abschneidet.

§ 407. Die Bessemer-Retorte, auf welche sich alle diese Einrichtungen beziehen, und welche direkt vom Hochofen das Eisen entnimmt, besitzt eine Drehbewegung, welche von Hand, d. h. mittelst Uebersetzung etc. gehen zu sollen scheint, doch fehlen positive Angaben darüber sowie über die Giessvorrichtungen.

Den Abmessungen nach ist es immerhin möglich, 6—7 Tonnen darin zu blasen, wenn heisse Chargen gemacht werden sollen; eine Füllung von 500 mm Höhe würde etwa den dritten Theil der Höhe des cylindrischen Rumpfes beanspruchen; vgl. Fig. 60 b.

Construktion und Bau sowohl der Armatur wie auch der inneren Auskleidung bieten manches Abweichende und zeigen namentlich eine weitgehende Theilbarkeit, um die Auswechselungsarbeiten zu erleichtern, welche überdies noch nicht so drängen wie bei den grossen, nicht mit Holzkohlen-, sondern mit Cokeshochöfen arbeitenden Werken, oder gar solchen, die ganz unabhängig vom Hochofenbetrieb sind.

Die sonderbar geknickte und dabei mit sehr enger Mündung versehene Schnauze fällt mit ihrer Armatur in diejenige des Rumpfes ein, so dass die Passfläche eine gedeckte Fuge hat. Die Grenze wird durch innen angenietete Winkel markirt, die sich aufeinander legen, wenn die beiden Stücke vereint sind.

Durch diese Art des Anpassens wird eine Verbindung mittelst langer Schrauben nothwendig, welche je zehn Winkellappen der beiden Armaturstücke verbinden.

Das die Axen tragende Gürtelstück hat drei angegossene Rippen, eine mittlere höhere und zwei niedrigere Randrippen. Die letzteren sind durchbohrt und tragen die verbindenden Schrauben, welche andererseits durch Winkel der Aussenschale ragen und dahinter mit Schrauben und Keilen festgezogen werden.

Boden, Einlegeplatte und Windkasten sind theils mit Schrauben und Klinken, theils mit Kopfkeilen befestigt.

Der Windrohranschluss ist ganz nahe am Zapfen durch einen Blechstutzen vermittelt, der in das stopfbüchsenartig construirte Ende des am Windkasten angegossenen Windkniees eingeschoben wird, nachdem seine Verbindung mit dem flanschenartigen Seitenfortsatz des hohlen Zapfens gelöst worden ist.

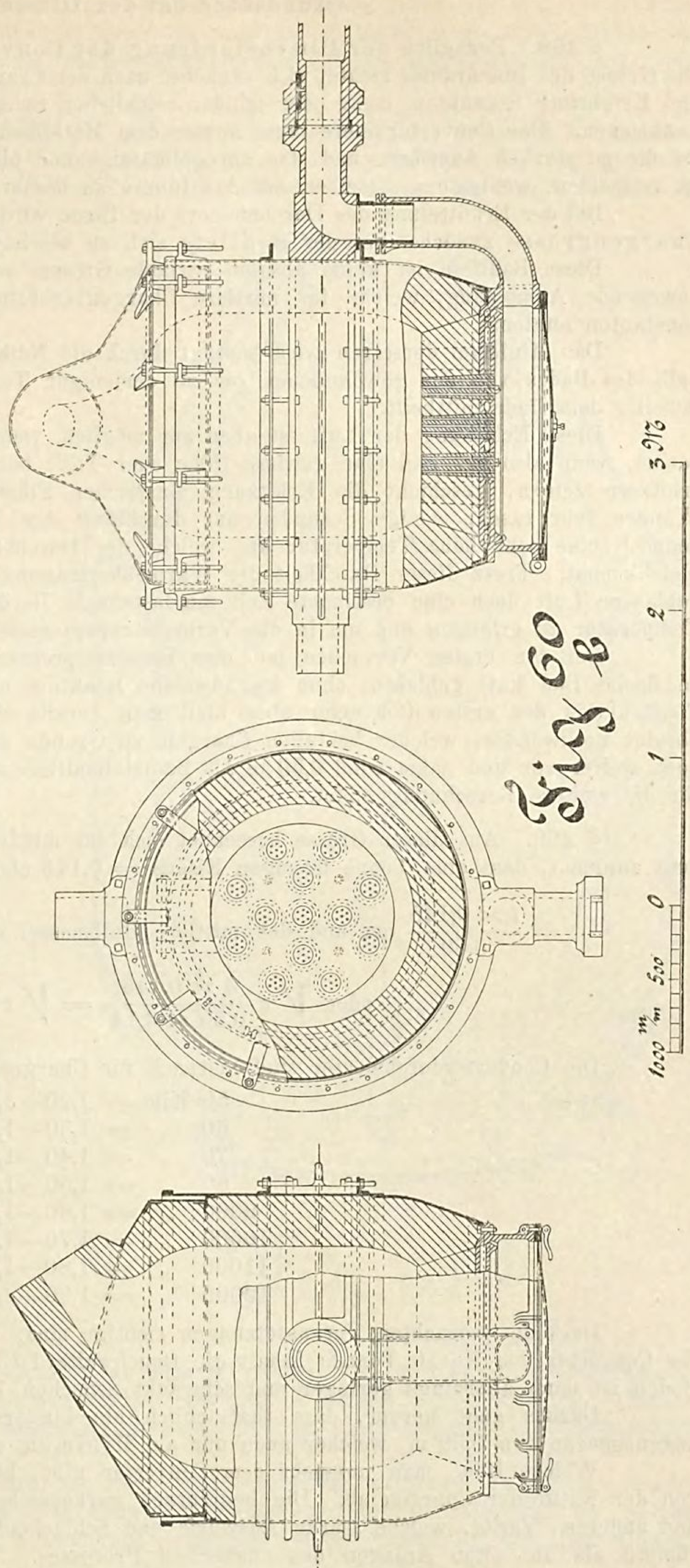


Fig. 60 b

Offenbar sind bei dem Entwurf der Armatur Eindrücke oder Einflüsse aus Nordamerika maassgebend und wirksam gewesen; die Gestaltung des Innern erscheint aber durchaus selbstständig.

Grundsätze bei der Dimensionirung.

§ 408. Bezüglich der Dimensionirung der Converter ist noch Nachstehendes zu bemerken. Die Grösse des Innenraums richtet sich zunächst nach der Chargengrösse und nach der durch Beobachtung und Erfahrung bekannten, mehr oder minder reichlichen Schlackenabsonderung sowie der Heftigkeit der Reaktionen. Das Converterinnere muss ausser dem Metallbad selbst noch freien Raum genug enthalten, um die zu starken Auswürfe und das unregelmässige und plötzliche Austreten der Schlacken möglichst zu vermeiden, wenigstens dieselben auf das Innere zu beschränken.

Bei der Ermittelung des Durchmessers der Birne wird man ohne Voraussetzung einer bestimmten Chargengrösse zunächst mit der Badtiefe sich zu beschäftigen haben.

Diese Badtiefe ist keine absolut variable Grösse, sondern eine zwischen engen Grenzen sich bewegende Abmessung, welche für mittlere Chargenverhältnisse, 3—7 Tonnen, den Charakter einer constanten annimmt.

Das Minimum derselben wird bedingt durch die Nothwendigkeit, die durchgeblasene Luft innerhalb des Bades von der gewöhnlichen bis zu derjenigen Temperatur zu erhitzen, welche der Process jeweilig dem Bade mittheilt.

Diese Erhitzung der Luft ist aber nur möglich, wenn die gegenseitige Berührung lange genug dauert, wenn also das Bad eine gewisse Höhe oder Tiefe besitzt. Wie die Erfahrungen bei den Winderhitzern zeigen, geschieht die Erhitzung elastischer Flüssigkeiten in Berührung mit hocherhitzten Wänden sehr rasch; wenige Secunden nur durchläuft der Windstrom einen Winderhitzer und nimmt dennoch eine sehr hohe Temperatur an, welche der Durchschnittstemperatur der erwärmenden Wände gleichkommt. Trotz dieser Raschheit der Wärmeübertragung muss in einer Convertercharge die durchgeblasene Luft doch eine bestimmte Zeit mindestens in Berührung mit dem Metall bleiben, um dessen Temperatur zu erlangen und um in die Verbrennungsprocesse eingreifen zu können.

Bei den ersten Versuchen mit dem Bessemerprocess hat man dies vielfach übersehen und das zu flache Bad kalt geblasen, ohne irgendwelche Reaktion einzuleiten oder hervorzubringen. Bei der Construktion der ersten Converter aber hielt man bereits einen Durchgangsweg von 15 engl. Zoll als absolut nothwendig, welcher bei allen Chargen zu Grunde zu legen war.*) In neuerer Zeit ging man noch weiter vor und nahm rund **0,50** m als Badminimaltiefe an, welche die einzige technische Grundlage für die weitere Berechnung bildet.

§ 409. Aus dieser Grösse berechnet sich der mittlere Querschnitt des Converterinnern, indem man annimmt, dass eine Tonne flüssigen Eisens = 0,145 cbm beträgt, für einen Einsatz von t Tonnen

$$= \frac{t \times 0{,}145}{0{,}50} \text{ qm und der mittlere Halbmesser des Bades} = \sqrt{\frac{4\,t \times 0{,}145}{0{,}50 \times \pi}}$$

$$\text{oder } \sqrt{t\,\frac{4 \times 0{,}145}{0{,}50 \times 3{,}14}} = \sqrt{t \times 0{,}307}$$

Die Converterdurchmesser sind hiernach für Chargen von

50	Kilo	=	1,20—1,30 m,
60	„	=	1,30—1,40 „
70	„	=	1,40—1,50 „
80	„	=	1,50—1,60 „
9000	„	=	1,60—1,70 „
10000	„	=	1,70—1,80 „
11000	„	=	1,80—1,90 „
12000	„	=	1,90—2,00 „

Dass die gemachten Voraussetzungen richtige sind, beweisen Angaben aus der Praxis, wonach für Converter von 8—10 Tonnen Inhalt die Bauchweite 1,73—1,75 m genommen wird. Die Weite am Boden ist dann allerdings geringer und schwankt zwischen 1,29 und 0,95 m.

Daraus geht hervor, dass thatsächlich ein längerer Windweg vorhanden ist als der oben angenommene von 0,50 m, welcher auch nur als Minimum anzusehen ist.

Welche Höhe man nunmehr dem Converter gibt, hängt von den Erfahrungen im Betrieb und von der Natur der Chargen ab. Die heutzutage vorherrschenden, sehr heissen Chargen der deutschen und anderen Werke, welche starke Auswürfe und Schlackenbildung geben, bedingen höhere Converterrümpfe als die alten Anlagen des englischen Processes. Noch grösser ist das Raumbedürfniss der basischen Processe, weil deren Schlackenproduktion eine erheblich grössere ist als die der sauren Processe, und weil die Strengflüssigkeit der Schlacke eher zu Eruptionen Veranlassung gibt.

*) Mündliche Mittheilung des Herrn Ingenieur R. Pink, früher zu Hörde (1874).

Die meisten der auf den beigegebenen Tafeln beschriebenen Beispiele geben für den cylindrischen oder nahezu cylindrischen Theil des Rumpfes die drei- bis vierfache Badhöhe über dem reichlich angenommenen Bad an. Von da beginnt die construktive Zusammenziehung bis zum Maule des Converters, welches 0,36—0,45 m weit gemacht wird.

§ 410. Bezüglich des Grössenverhältnisses zwischen alten und neueren Convertern muss hier noch auf die von Windsor Richards in einem zu Middlesbro' 1880 gehaltenen Vortrag gegebene Gegenüberstellung eines gewöhnlichen älteren zu 6 Tons und eines der 1880 auf den Eston-Stahlwerken

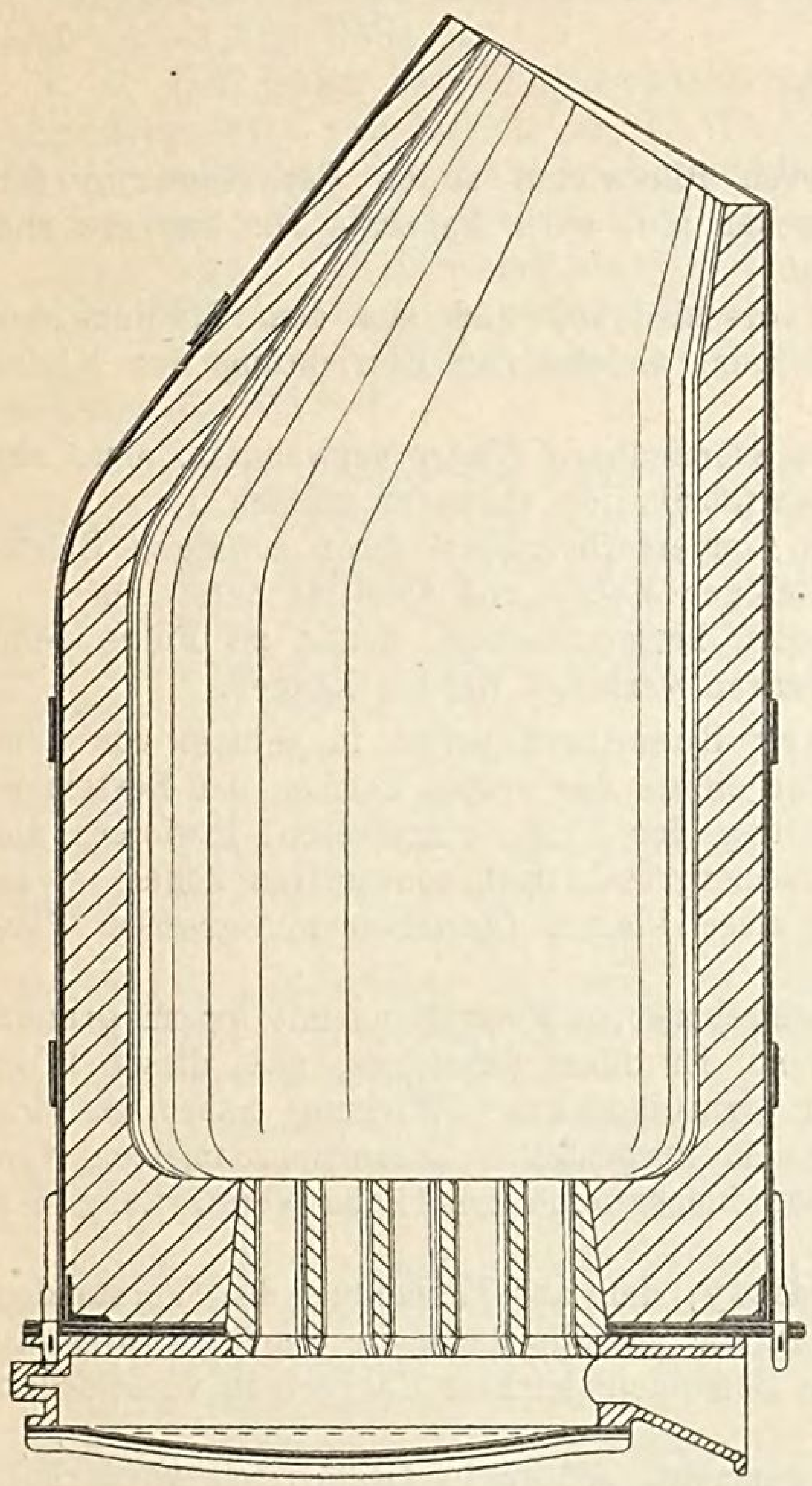


Fig 61a

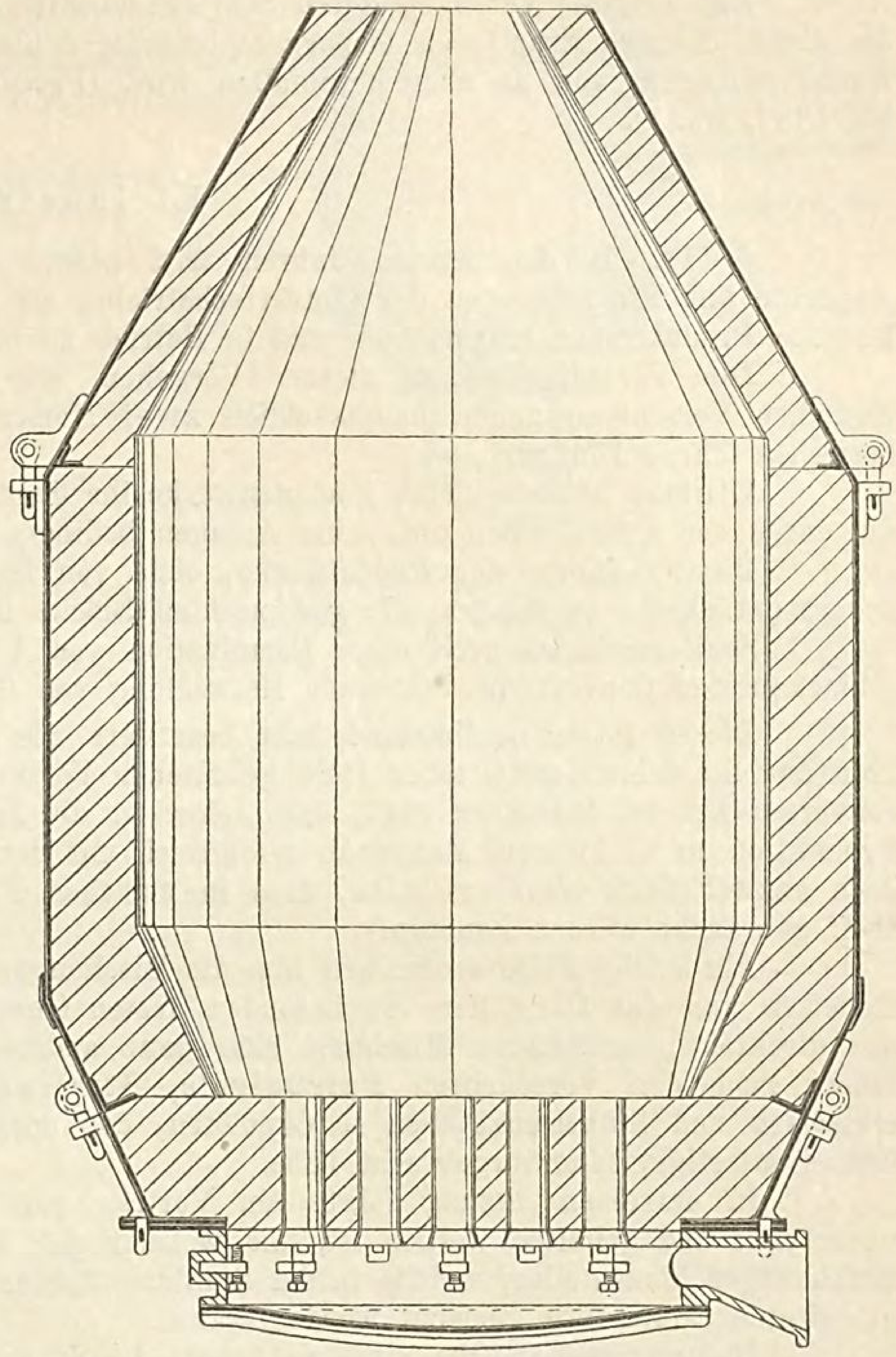


Fig 61b

in Betrieb gesetzten 15 Tons-Converter aufmerksam gemacht werden. In den Figuren 61a und 61b sind beide Apparate, welche auch noch einige speciell interessante Details erkennen lassen, skizzirt. Die Gürtel und ihre Befestigung sind allerdings fortgelassen, doch ist die sonstige Armaturconstruktion deutlich erkennbar.

Die Form 61a gibt die in England für das saure Verfahren gebräuchliche Gestalt wieder, während 61b die zuerst in Eston angewandte symmetrische Maulconstruktion darstellt, bei welcher der einseitige Schlackenanwurf sowie die Gezwungenheit in der Drehbewegung für das Eiseneinlassen vermieden werden sollte.

Dadurch, dass W. Richards den Windkasten für beide nahezu gleich gross hat skizziren lassen, ragt derselbe auf der linken Seite des kleineren Converters bis nahe an die Armatur. Dieser Umstand ist durch das im Original geschehene Ineinanderzeichnen beider Constructionen veranlasst worden.

Der grosse Converter hat eine Art Losboden mit nahezu horizontaler und schwachkonischer Fuge. Das Mundstück der Retorte ist ebenfalls abnehmbar und für einen eventuell nothwendigen Wechsel eingerichtet, den man bei der Anwendung basischer Futter von vornherein für unvermeidlich hielt, und der sich auch als nothwendig erwiesen hat.

Die Befestigung ist an beiden Stellen durch Gelenkbolzen mit Keilverschluss bewirkt, während die Bodenplatte des Windkastens mit festen Durchsteckbolzen versehen ist, die wiederum mit Keilen sich befestigen. Die Mündung ist bei dem grossen Converter höher angesetzt und dadurch enger als bei dem früheren Frischgefäss.

Ein weiteres Verengen durch Schlackenansätze ist nach Richards deshalb nicht denkbar, weil die durch etwaige Eruptionen emporgeschleuderte Schlacke höchstens bis zur halben Höhe des oberen Konus gelangen, von da aber herabfallen wird (Proceedings Cleveland Institution of Engineers 1880 bis 1881, No. 1).

Kleinbetrieb.

§ 411. In den letzten Jahren tritt neben der eben illustrirten steten Vergrösserung der Apparate und Einrichtungen des Converterbetriebes ein Bestreben auf, auch Apparate für kleinere und kleinste Produktionen einzurichten und in Betrieb zu bringen.

Die Veranlassung zu diesem Vorgehen ist eine verschiedene, und aus dem Studium der einzelnen Vorschläge gehen hauptsächlich zwei Momente hervor, welche zur Einrichtung des Kleinbetriebes führen können.

Einmal können kleine Hochofenwerke ihr Produkt in schmiedbare Waare verwandeln, ohne auf die durch den Grossbetrieb und seine Anlagen bedingte Massenfabrikation sehen zu müssen.

Dann können sich Puddelwerke, ohne von fremden Converterbetrieben ihren etwaigen Blockbedarf entnehmen zu müssen, die gewünschten Blöcke in beliebiger Menge und Qualität herstellen.

Schliesslich ist noch eine Combination von Umständen hervorzuheben, denen zu Folge sehr schlackenreine Converterprodukte zur Herstellung von Gusswaaren verlangt werden können.

Diesen letzteren Umstand hebt besonders Sir Henry Bessemer selbst in seinem vor dem Iron and Steel Institute October 1886 gehaltenen Vortrag über einige der ersten Formen der Bessemerconverter hervor, indem er sagt, dass, ohne in die Behandlung der Frage einzutreten, inwiefern die Produktion in so kleinem Maassstab erfolgreich mit dem Bessemergrossbetrieb concurriren könne — es doch unzweifelhaft wahr erscheine, dass in manchen Fällen diese kleinen Converter mit grossem Vortheil gebraucht werden könnten.

Als solche Fälle erscheinen ihm die Mischungen frischgeblasenen Flusseisens mit gutem grauen Roheisen und das Darstellen von besonders festen Gusswaaren. Er führt dabei aus, dass dieser Weg der direkten heissflüssigen Mischung eine ganz andere und „wunderbare“ Wirkung habe, als das früher nach den Vorschriften Fairbairn's, Stirling's u. A. hergestellte Zusammenschmelzen von Gusseisen und Stabeisenabfällen in Cupolöfen, das doch schon immer eine erhebliche Verstärkung der Gusseisenfestigkeit hervorgebracht habe.

In derselben Sitzung folgte ein Vortrag von Hardisty, der auf Einladung des Vorstandes vorbereitet und gehalten worden ist, und welcher sich die Aufgabe gestellt hatte, in conciser Form die Erfahrungen hinzustellen, welche in der Stahlmanufaktur beim Behandeln leichter Chargen in verschieden gestalteten Convertern gemacht worden waren.

Die ersten Versuche sind zu Avesta in Schweden gemacht, später in Oesterreich wiederholt worden, während von Amerika und später von Luxemburg aus andere Kleinbetriebe in das Leben gerufen wurden, die nacheinander besprochen werden sollen.

Die auf der Hütte Avesta in Schweden vorhandene Anlage für Kleinbessemerei hat 1879 bis 1883 an 17000 Tons Bessemereisen erzielt und ist im Sommer 1883 von A. Hupfeld und J. v. Ehrenwerth besucht worden. Die von letzterem herausgegebene Beschreibung des Werkes, wie auch der Methode der Arbeit selbst dürfte wohl die beste Grundlage für die richtige Würdigung der technischen Unterschiede sein, welche zwischen der Gross- und der Kleinbessemerei bestehen (Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1884; daraus Stahl und Eisen 1884, S. 411).

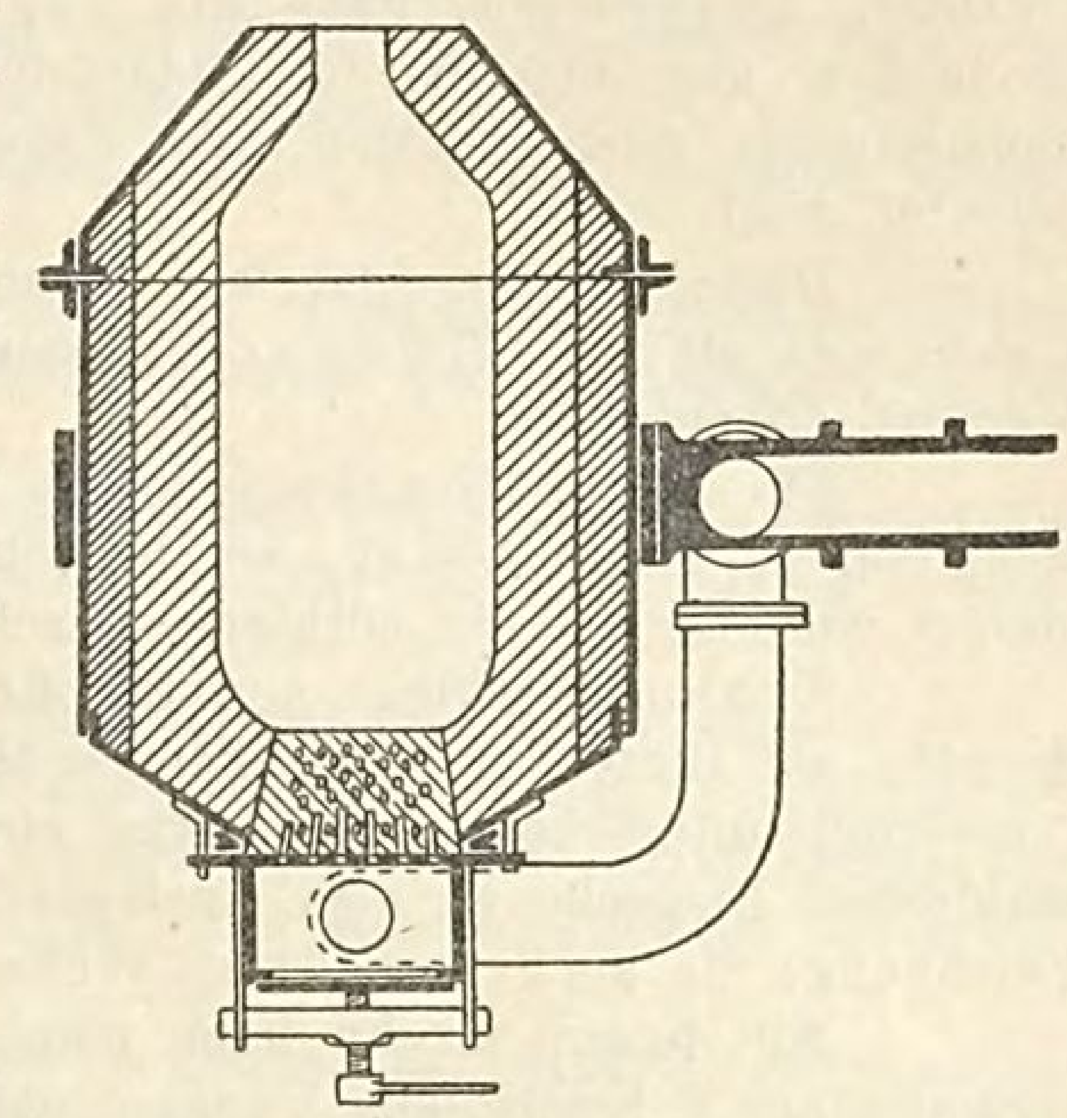
Die dem Jernkontor gehörige Hütte Avesta liegt an dem Fluss Dalelfven (mit 800—900 disponiblen oder benutzten Pferdestärken) und besteht aus zwei Hochöfen, zwei Convertern und drei Walzwerken. Das aus im Mittel 50/00 haltigen Norberger Erzen erblasene graue Roheisen gehört nach schwedischen Begriffen des Phosphorgehaltes wegen zu den minderwerthigen Qualitäten und wurde deshalb nicht zur Darstellung von Qualitätsstahl, sondern von weichem Eisen verwendet.

Die Anordnung der neben den Hochöfen liegenden Bessemerhütte ist derart, dass die umgelegten Converter mit dem Maul vollständig vor die Abstichrinne der Hochöfen zu liegen kommen, wobei die Drehungsebene parallel der Vorderwand des Hochofens sich befindet. Trotzdem wird nicht direkt

abgelassen, sondern erst in eine Pfanne zum Abwägen der Chargen. Dagegen giessen die Converter direkt in die Coquillen. Die Construktion der Coquillen ist ziemlich einfach, flaschen- oder krugartig, die Mündung vollkommen symmetrisch zur Längsaxe gelegt, also den basischen Grossconvertern, wie Fig. 61b, ähnlich.

Der Gürtel der ebenfalls sehr einfachen Armatur hat nur einen Zapfen, der sich zu einer entsprechend langen, in zwei Ständern gelagerten Welle verlängert, an der hinter dem zweiten Ständer die Bewegungsübertragung angebracht ist, die aus einem Zahnrad mit Vorgelege und Handkurbelrad besteht.

Fig 62



Die Dimensionen des Converters sind im Lichten etwa 500 mm Durchmesser, 900 mm Höhe (ausschliesslich des Halses); v. Ehrenwerth gibt als äussere Dimensionen 1 m Durchmesser und 1,3 — 1,4 m Höhe an.

Der Boden besteht aus einem aus Quarzthonmasse hergestellten Stück und ist mit ca. 90 Windlöchern von 3 — 3,5 mm Weite durchbohrt, die aber schräg geführt sind und die Bodenflächen unter Winkeln von 45 — 50° schneiden.

Boden und Hals sind abnehmbar eingerichtet; an ersterem ist der Windkasten angebracht, wie die Vignette Fig. 62 zeigt.

Auch die Befestigung des Windkastenbodens ist von grösster Einfachheit.

§ 412. Ueber die Führung des Betriebs in Avesta macht v. Ehrenwerth die folgenden Mittheilungen.

Das Chargengewicht schwankt zwischen 170 und 765 Kilo und die Zahl der Chargen beträgt 23—30, gelegentlich auch bis 50 in 24 Stunden. Man arbeitet Charge auf Charge, und die Beobachter hatten Gelegenheit, während 45 Minuten die vollständige Erledigung zweier Chargen von verschiedenem Gewicht mit anzusehen.

Die einzelnen Perioden des Blasens erschienen schwieriger zu unterscheiden als bei dem gewöhnlichen Bessemerbetrieb. In der ersten Periode, welche das eine Mal $8^1/_2$, das andere Mal $5^1/_2$ Minuten dauerte, beobachtete man wenig Flamme, aber einen sehr reichlichen und durch einzelne dickere Funken ausgezeichneten Funkenwurf.

Die zweite Periode von 3, bezw. $2^1/_2$ Minuten war durch eine kräftige helle Flamme ohne Auswurf charakterisirt, während die dritte Periode, die unter vermindertem Winddruck 2, bezw. $1^1/_2$ Minuten anhielt, sich durch auffallende Flammenverminderung gegen Ende und nahezu flammenlosen Schluss kennzeichnete.

Nach Beendigung des Blasens wurden $0{,}8/_{00}$ (des Chargengewichts) Ferromangan von $70/_{00}$ Mangan zugesetzt, aber kalt, und das Bad mit einer Holzstange umgerührt.

Das fertig geblasene Metall wurde mit der Schlacke vollständig in einfache oder doppelte Coquillen gegossen und erschien ganz warm, so kalt das in die Pfanne aus dem Hochofen abgelassene Roheisen den Beobachtern auch vorgekommen war.

Die Aufenthalte durch Auswechseln etc. anbetreffend, so war das Auswechseln des Bodens gewöhnlich stets nach der achten Charge erforderlich, und auch das Auswechseln des Converters verursachte unerhebliche Zeitaufwände.

Die Bewegung der Coquillen geschieht durch einen einfachen, von einem Arbeiter bedienten Holzkrahn, der so aufgestellt ist, dass er gleichzeitig auch zu den Auswechselungsarbeiten gebraucht werden kann.

Noch ist zur Anlage selbst zu bemerken, dass die Gebläsemaschine mit zwei Cylindern von ca. 1 m Durchmesser und 1 m Hub arbeitet, also die Dimensionen eines alten Hochofengebläses für Holzkohlenbetrieb hat. Die sie treibende Fourneyron'sche Turbine soll aber 250 Pferdestärken Effekt haben und liefert Wind von 1,04 Kilo Pressung pro Quadratcentimeter, der geeignetenfalls durch Anbringen eines Reducirventils auch zum Hochofenbetrieb mitverwendet werden kann.

Die ganze innere Einrichtung der Bessemerhütte, welche (einschliesslich der Hochofenarbeiter an der Sohle) von fünf Mann bedient wird, schätzte v. Ehrenwerth auf 10200 Mark summarischen Kostenbetrag. In der ersten Zeit der Anlage (1879) erhielt man $76{,}1/_{00}$ gute Blöcke, $15{,}9/_{00}$ Auswurf und Abfall und $8{,}0/_{00}$ Abbrand, während später bessere Resultate eingetreten seien.

Die Folgerungen v. Ehrenwerth's über die Zulässigkeit des kleinen Maassstabes sowie über die Qualität des Produkts, dessen seidenfaserige Qualität einem nach Eggertz auf ca. $0{,}05 — 0{,}5/_{00}$ sich belaufenden Schlackengehalt zugeschrieben wird, ferner die ökonomischen Vergleiche zwischen mittlerem österreichischen Betrieb, dem Avestasystem und einem forcirten englischen Betrieb lassen den Kleinbetrieb in sehr günstigem Licht erscheinen.

Der continuirliche Betrieb von Avesta ist, mit Wasserkraft geführt, hiernach billiger als der alpine Bessemerbetrieb.*)

§ 413. Eine Originalmittheilung von Alfred Trappen in Stahl und Eisen 1884, S. 524 beleuchtet in sehr kritischer Weise die Construktionsverhältnisse kleiner und grosser Bessemerbetriebe und gibt einen durchdachten Entwurf für die Einrichtung des Kleinbetriebes in Bessemer- und Thomashütten. Im Eingang der Mittheilung wird auf die stets wachsenden Einrichtungskosten des Grossbetriebes hingewiesen, dann die Lage der Bezirke beleuchtet, welche ein ausgezeichnetes Roheisen produciren und dasselbe im Puddelofen oder sogar noch im Frischherd in vorzügliches Schmiedeeisen umzuwandeln gewöhnt sind, das dann zu Feinblechen und feinen Eisensorten überhaupt weiter verarbeitet wird.

Diese Bezirke sind fast allesammt durch den Grossbetrieb der Converterindustrie, sowohl nach Bessemer als nach Thomas, schwer in ihrer Existenz bedroht und müssen auf Mittel sinnen, dem Verderb zu entgehen.

Für solche Gegenden würde der Kleinbessemerbetrieb jedenfalls nicht zu unterschätzen sein, um so weniger aber, als in solchen Bezirken noch vielfach billige Wasserkräfte zur Verfügung stehen werden, um die nöthigen Maschinen damit treiben zu können.

Trappen schlägt nun für die Kleinbetriebe nachstehend beschriebene Anordnung vor und bildet dieselbe auf Blatt 1 des betreffenden Heftes ab. Der Converter, der sich durch nichts von einem grossen Converter unterscheiden soll, was nicht bei allen Kleinbetrieben der Fall ist, ist mit einer starken stählernen Flansche an dem Ausleger eines Krahns angeheftet, welcher sowohl hydraulisch (wie in der Zeichnung) als auch in anderer Weise bewegt sein kann.

Mit diesem Krahn kann man den Converter bis vor das Stichloch eines kleinen Hochofens oder irgend eines Schmelzofens bringen, ohne eine längere Zuflussrinne für den Einsatz zu bedürfen, was ja auch für die Wärmeerhaltung der Charge von Wichtigkeit ist.

Die Befestigung an dem Ausleger des Krahns ist so gedacht, dass auf dem letzteren eine durch Schneckenrad, Schnecke und Handrad drehbare Welle von Stahl aufgelagert ist, welche an ihrem freien Ende den dem Converterflansch entsprechenden Stahlflansch trägt. Diese Welle ist hohl und leitet den Betriebswind in den Zapfen des Converters, von wo er in der allgemein üblichen Weise nach dem Windkasten unter dem Boden gelangt.

Um den Wind zuzuführen, bedient man sich eines Stopfbüchsengehäuses, welches fest auf dem Ausleger selbst steht, und durch welches die an dieser Stelle mit einer Oeffnung versehene Hohlwelle gelagert ist. Ein Schlauchrohr führt nach einem auf dem Krahnstamm aufsitzenden weiten Mittelrohr, welches das von oben herunterragende Windleitungsrohr stopfbüchsenartig zu umschliessen scheint.

Durch Aufhängung des horizontal gelegten Converters an eine Centesimalkrahnwaage und nachheriges Senken des hydraulischen oder eigentlich Trägerkrahns kann man den Converter leicht tariren und die Charge abwiegen. Ist dies geschehen, so hebt man wieder an und dreht den Krahn so weit, dass der horizontal liegende Converter vor einem Kamin, eventuell auch ins Freie gelangt, lässt Wind zu und beginnt zu blasen, indem man den Converter aufrichtet.

§ 414. Nach geschehener Convertirung giesst man eventuell (bei dem basischen Process) die Schlacken ab, macht dann die erforderlichen, meist wohl vorzuwärmenden Zusätze und giesst direkt in die Coquillen. Die weitere Behandlung von Blöcken und Coquillen geschieht wie immer mittelst eines entsprechend leichteren Ingotkrahns und bietet nichts besonders Erwähnenswerthes.

Trappen rechnet für jeden Krahn 2—3 Converter zum Auswechseln, die mittelst eines Wagens herbeigebracht und gewechselt werden, nachdem sie warm geblasen wurden.

Der ganze Process würde sich nach dieser Anordnung unmittelbar über der Hüttensohle und in der einfachsten Weise abspielen, so dass man ohne Uebertreibung 50 Chargen in 24 Stunden rechnen könnte.

Nur wenn man das Eisen direkt aus dem Stichloch kleiner Hochöfen älterer Bauart entnehmen soll, muss eine Giessgrube von 500—600 mm Tiefe angelegt werden; bei Umschmelzöfen fällt diese Nothwendigkeit natürlich fort.

Für das Umschmelzen bei dem basischen Verfahren schlägt Trappen der Ueberhitzung wegen Siemensöfen vor; im Uebrigen wird bei der Wahl der Umschmelzöfen wohl derselbe Standpunkt einzunehmen sein wie bei dem Grossbetrieb.

Noch ist anzuführen, dass die Grösse des Converters auf eine Charge von 750 Kilo eingerichtet ist, was einer Produktion von 600 Kilo fertiger Blöcke gleichkäme.

*) Gegen diese letztere Behauptung wendete sich bei aller Anerkennung der Vorzüge, welche ein Kleinbetrieb für einzelne alpine Verhältnisse haben kann, Hupfeld selbst in einer umfangreichen Abhandlung über die Bedeutung der Kleinbessemerei für die alpine Eisenindustrie. (Oesterreichische Zeitschrift 1885, No. 1—3.)

Ebenso weist Tunner in No. 4 desselben Blattes nach, dass das Avestaverfahren weder billiger noch besser als das gewöhnliche Bessemerverfahren sei, dass aber die Kleinbessemerei überhaupt bei relativ kleinen Eisenwerken und mit geringen Anlagekosten den an und für sich wichtigen Converterprocess und zwar mit continuirlichem und daher wirthschaftlich wichtigem Betrieb einzuführen gestatte.

In 24 Stunden würde demnach ein Converter ca. 30000 Kilo fertige Blöcke liefern können; für den Fall der erforderlichen Produktionssteigerung denkt Trappen die Anlage eines zweiten Convertersystems auf der anderen Seite des Hochofens oder Schmelzofens mit demselben Ingotkrahn und demselben Gebläse verbinden zu können.

Dieselbe Gebläsemaschine würde bei 12 Minuten eigentlicher Blasezeit ganz gut vier Chargen in 1 Stunde bedienen können, ohne vergrössert werden zu müssen. Das Windquantum dürfte nach Versuchen 40—50 cbm pro Minute von 1 Atmosphäre Spannung betragen, und es würden dafür der eincylindrigen Gebläsemaschine die nachstehenden Abmessungen zu geben sein.

Der Dampfcylinder erhält 786 mm Durchmesser, der Gebläsecylinder 900 mm, der Hub beträgt 786 mm und die Zahl der Wechsel 50 per Minute.

Um eventuellen, verschiedenen Inanspruchnahmen zu entsprechen (Betrieb der Rootsblower für Cupolöfen, Accumulator, Pumpe), kann die Maschine als Präcisionsmaschine mit Ventilsteuerung und Regulator gedacht und ausgeführt werden.

Die Füllung wird eine sehr geringe sein, so dass ein Dampfkessel von 70—75 qm Heizfläche ausreichen dürfte. Zur Beschleunigung der Arbeit ist ein Accumulator für 20 Atmosphären Ueberdruck erforderlich.

Die Kosten für den Converterkrahn, den Converter, den Montirwagen, die Gebläsemaschine, den Accumulator, den Ingotkrahn, die Krahnwaage, die Accumulatorpumpe veranschlagt Trappen auf höchstens 42000 Mark. Dazu kommen noch 7250 Mark für den Dampfkessel, welche Anlagekosten bei Nutzbarmachung vorhandener Wasserkraft bedeutend sich ermässigen. Die Gebäude können so einfach sein wie nur möglich.

Danach ständen die Anlagekosten zur Produktionsfähigkeit in einem vortheilhaften Verhältniss, und die Concurrenz des Kleinbetriebes mit dem Grossbetrieb ist unter solchen Bedingungen wohl möglich.

§ 415. Im Anschluss an die vorstehende Erörterung liess A. Trappen in derselben Zeitschrift (Stahl und Eisen 1885, Januarheft S. 26) den Entwurf einer Anlage für Kleinbessemerbetrieb in Verbindung mit grösseren Hochöfen folgen.

Es war von verschiedenen Seiten das Bedenken ausgesprochen worden, dass das Entnehmen kleinerer Eisenmengen aus grösseren Hochöfen in kurzen Zwischenräumen zu Schwierigkeiten Veranlassung geben würde.

Um nun die Abstiche des Hochofens und das Eisenbedürfniss der Kleinbessemerei unabhängig voneinander zu machen, schaltet Trappen einen oder zwei Flammöfen ein, welche gewissermaassen als Reservoire dienen sollen. Dieser schon 1863 in Oberschlesien für die Benutzung der Cokeshochöfen zur Giesserei ventilirte Gedanke ist an sich nicht unpraktisch; es erscheint nur fraglich, ob man Kleinbessemerei je mit grösseren Hochöfen verbinden wird.

Hier ist noch das Horn'sche Patent (D. R.-P. No. 36426) zu erwähnen, das sich mit der Construktion einer bequem handhabbaren Wägevorrichtung für die Converterchargen beschäftigt. Ob eine praktische Anwendung stattgefunden, ist zweifelhaft (Stahl und Eisen 1886, S. 718).

§ 416. Einige Jahre nach der ersten Einführung des Avestaofens und fast zu gleicher Zeit mit dem Bekanntwerden der ersten Nachrichten darüber wurde auf Südwaliser Eisenwerken ein durchaus anderer Converter in Betrieb gebracht, der seitdem mit geringen Veränderungen sowohl in England wie in Amerika weiter betrieben worden sein soll. Die Erfinder Clapp & Griffith wollten bei der Construktion ihres Converters, der in der Art des alten schwedischen Ofens und ebenfalls nicht beweglich angeordnet sein sollte, die Nachtheile des ungehinderten Windeinlasses während des Abstechens der Charge, wodurch leicht eine zu weit gehende Veränderung des Eisens, jedenfalls eine Unsicherheit in der Qualität des Produkts, hervorgebracht wurde, durch eine besondere, wenn möglich automatische Ventilconstruktion abstellen.

Der Converter war ein wesentlich cylindrischer, nach oben hin schwach konisch zulaufender, dabei in seiner Axe hornartig gekrümmter Raum, so dass seine Mündung schräg und nach der Seite gewendet lag, um die Dämpfe und Auswürfe in eine Esse blasen zu können.

Um den oberen Theil des Ofens, der in Armatur und Ausbau abtrennbar erscheint, lag ein grösseres und etwas darunter ein kleineres Windvertheilungsrohr ringförmig angeordnet, wie man es vielfach bei kleineren Schachtöfen für Eisengiesserei, Bleihüttenbetrieb etc. ausführt.

Von dem weiteren dieser Windleitungsrohre führten sechs Fallrohre nach ebensoviel einzelnen, sehr massiven gusseisernen, auf der Blechhülle des Gestells aufgeschraubten Düsenkästen, welche behufs Düsenauswechselung mit abnehmbaren, die ganze Windregulirung tragenden Deckeln versehen waren.

Die in der Wand des Ofens oder Converters steckenden Düsen oder besser Formen waren gusseiserne konische Blöcke, welche in einem grösseren, mit Kühlungen versehenen Block sassen.

Die Oeffnung jedes Düsen- oder Formenkanals war durch einen Konus, der das Ende einer radial beweglichen Ventilstange bildete, verschliessbar, sobald ein Druck auf das Ventil ausgeübt wurde.

Diese sechs Ventile sassen in ebensoviel auf dem Deckel der Düsenkasten befestigten kleinen Gehäusen und jedes dieser Gehäuse stand durch ein dünnes Fallrohr mit dem engeren der beiden Windvertheilungsrohre in Verbindung, die den Obertheil des Ofens umgürteten.

Brachte man dieses engere Windvertheilungsrohr in Verbindung mit der Windleitung und schloss man das eigentliche (grössere) Windvertheilungsrohr zum Theil nach und nach, so drückte der neuzugelassene Wind die Ventile und mit ihnen die metallenen Stopfen gegen die Düsenlöcher hin und nach Maassgabe des gegenseitigen Druckverhältnisses regelte man die Luftzuführung, so dass kein Metall in die Düsenlöcher treten, aber auch kein zu starker Strom die oberen Schichten des Bades weiter verändern konnte. Vor dem Einlassen einer neuen Charge verfuhr man umgekehrt, öffnete den Hauptwindzulass und die Folge war die sofortige Oeffnung der Düsenlöcher durch den Drucküberschuss im grossen Düsenkasten.

Ausser dieser Eigenthümlichkeit der Windregulirung betonten die Erfinder in ihren Patenterläuterungen die grössere Billigkeit der Anlage gegenüber dem Kostenaufwand des Grossbetriebes, eine im Allgemeinen anzufechtende und auch thatsächlich hart angefochtene Behauptung. Etwas, das sie nicht behaupteten, weil sie es vor dem Erwerben eigener Betriebserfahrungen nicht wissen konnten, war der durchaus andere Betriebsverlauf, der sich aus der Düsenlage und dem flacheren Bad ergab, und der dann nach einer bestimmten Richtung ausgebeutet wurde. Dies geschah aber nicht in England selbst, auch nicht in Europa, da die Verbreitung der Clapp & Griffith'schen Oefen durch Misslingen mancher Versuche gehemmt worden ist.

§ 417. Der Clapp & Griffith'sche Converter erregte eigentlich erst Aufsehen, als er in Amerika zur Anwendung gelangt war und einige sehr wesentliche Abänderungen erfahren hatte.

Die Firma Oliver Brs. & Phillips in Pittsburg erbaute schon in den ersten Jahren des Bekanntwerdens der Waleser Versuche eine kleine Anlage genau nach den englischen Vorbildern und brachte dieselbe in Betrieb.

Abgesehen davon, dass diese Anlage überhaupt die erste in Amerika war, und alle Erfahrungen erst machen musste, war sie einer Angabe von Whiterow zu Folge nach ziemlich rohen, aus England übersandten Zeichnungen erbaut, von deren Angabe abzuweichen allen Ausführenden streng untersagt war.

Es war dies kein glücklicher Umstand, weil dadurch Fehlarbeiten und ungünstige Resultate nothwendig hervorgerufen werden mussten und wenn es auch schliesslich gelungen war, der Hauptschwierigkeiten Herr zu werden und 1885 mit der umgeänderten Anlage gute Arbeit zu machen, so war es sehr schwer, den ersten ungünstigen Eindruck wieder abzuschwächen.

Das Jahr 1884 verging zunächst mit Versuchen und Umgestaltungen des ursprünglichen Clapp-Griffith'schen Convertertypus, welche endgültig zu der als Whiterow'scher Converter bekannten Ofengestalt führten, die weit einfacher und praktischer als die ersten englischen Muster und in ihren Erfolgen Veranlassung wurde, dass in der Metallurgischen Literatur der Betrieb derselben zu einem besonderen Verfahren, dem Clapp-Griffithprocess gestempelt wurde!?

Seine Bedeutung für Amerika beruht auf negativen Eigenschaften der amerikanischen Bessemerbetriebe, wie aus neueren Aeusserungen Whiterow's (Journal of the Iron and Steel Institute, 1886, II, S. 668) hervorgeht.*)

§ 418. Der Whiterow'sche Converter unterscheidet sich von dem ursprünglichen Clapp & Griffith'schen Converter dadurch, dass er aufgehängt ist und einen abnehmbaren Untertheil hat. Dann fehlen ihm die automatischen Ventile, wogegen der Schlackenstich in einen Schlackenschlitz umgewandelt worden ist, welcher eine gewisse Latitude in dem Ansetzen des Sticheisens gestattet.

*) Whiterow sagt wörtlich, nachdem er die oben erwähnten Schwierigkeiten geschildert, welche aber Oliver Brs. nicht abhielten, die Sache weiter zu verfolgen: Der Bessemerbetrieb in den Vereinigten Staaten verdankt den Versuchen von Oliver Brs. sehr viel, da man vor deren Durchführung und Gelingen ihn für untauglich hielt, Kesselbleche und zum Umbörteln geeignete weiche Waare zu liefern. Erst nach der Veröffentlichung der Oliver'schen Untersuchungsresultate begannen die Betreiber der Bessemerhütten Versuche mit dem niederen Siliciumgehalt in den Produkten zu machen und auf siliciumarmen oder siliciumfreien Stahl loszuarbeiten und es geschah dies hauptsächlich durch Blasen von kleinen oder halben Chargen in den Convertern.

Durch grosse Sorgfalt und Aufmerksamkeit im Befolgen von Oliver's Vorgehen und Einschlagen desselben Weges wurde es den Bessemerleuten möglich, der Beschaffenheit der Oliver'schen Produkte nachzukommen, aber sie erschienen nicht geneigt, das Verfahren zu einem commerciell erfolgreichen auszubilden.

Die Bessemerwerke der Vereinigten Staaten, fügt Whiterow weiter hinzu, welche ja nur für das Schienengeschäft erbaut worden waren, erwiesen sich für das übrige allgemeine Stahl- und Eisengeschäft des Landes von geringem Nutzen und Vortheil. Es ist sicher, dass sie in Zeiten der Depression sich selbst auf den Markt zu gehen zwangen und Blöcke, Billets und Platten verkauften.

Aber die Käufer mussten alsdann alle möglichen Qualitäten von Stahl annehmen, deren Darstellung den Fabrikanten eben geglückt war, ob die Eigenschaften der Produkte schwankten und unregelmässig waren oder nicht und ob sie sich zu dem jedesmaligen Zwecke eigneten oder nicht.

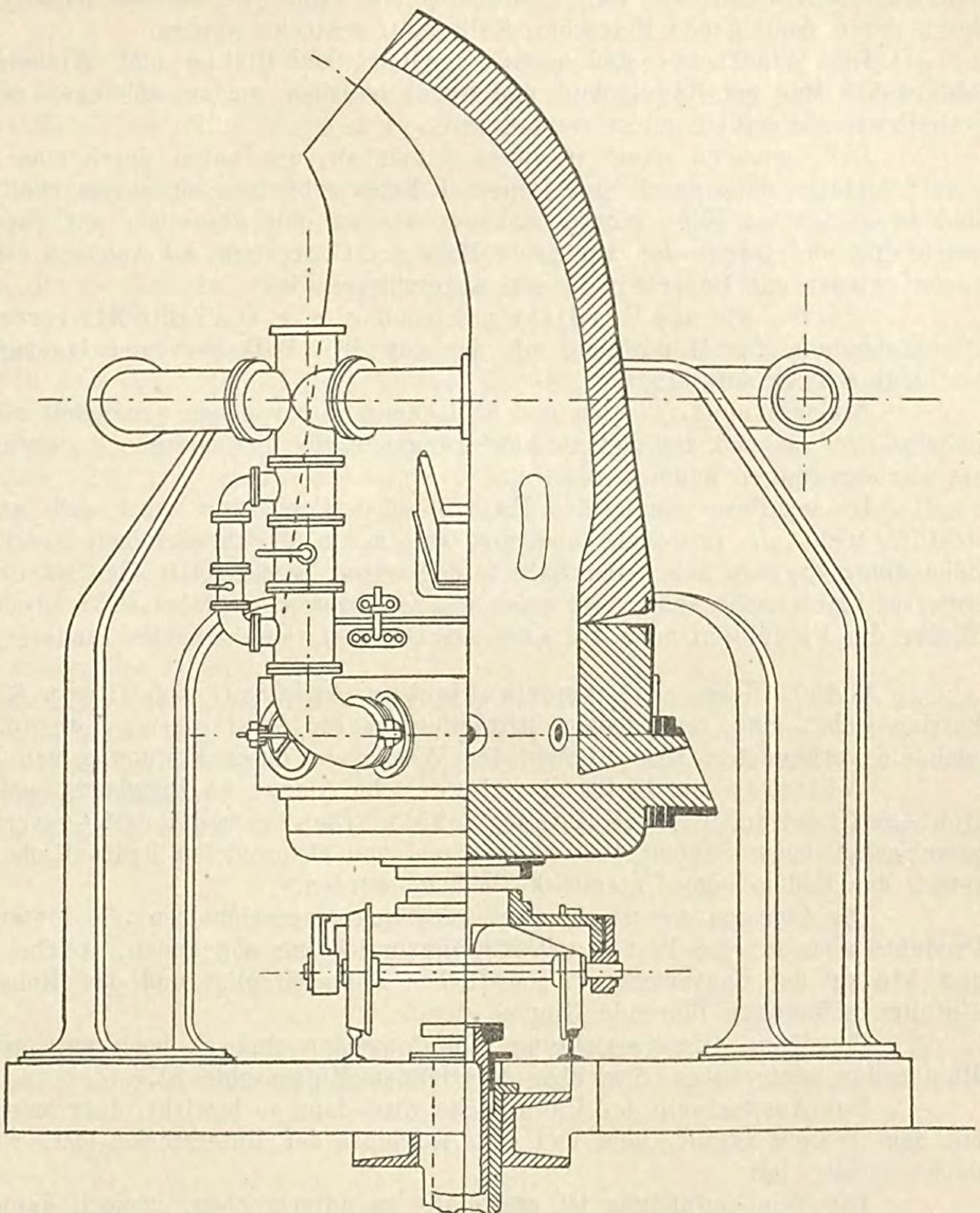
Den Consumenten war es nie gestattet zu klagen, da die Bessemerwerke ihren Betrieb für unfehlbar ansahen. Sowie dagegen wieder Schienenaufträge vorhanden waren, ignorirte man den früheren Käufer vollständig und der Handel war gezwungen sich von andersher zu versorgen.

Aus diesem Grunde scheint der feste kleine Converter bestimmt, eine bedeutende Rolle zu spielen und Whiterow glaubt, dass, wenigstens in den Vereinigten Staaten, das Oliver'sche Schema für Converteranlagen zur Befriedigung des Bedarfs an kleinerer Waare zum Typus der Einrichtung werden wird.

Es sind verschiedene Ausführungen bekannt geworden, unter denen die von Hardisty (Journal of the Iron and Steel Institute 1886, II, S. 668) gegebene wohl die neueste Gestalt darstellen dürfte (vgl. Fig. 63).

Der Converter ist zwischen zwei starken Gussständern aufgehängt, mit welchen er durch Flanschen und Schrauben fest verbunden ist. Die beiden Ständer fassen das Obertheil des Converters dicht über der Stopffuge, die im Anschluss des Untertheils vorgesehen ist, und schliessen es bis fast zur halben Höhe des Maulkonus ein. Oben herum läuft im Niveau der Ständerflanschen die Windleitung, von der nur ein Abfallrohr mit ausschaltbaren Zwischengliedern und Drosselklappe nach dem Windkasten des Unterstücks geht. Dieser Windkasten oder Ring umgibt den Untertheil und ist nur an einer Seite durch die Anlage des Abstichs unterbrochen. Der Zeichnung nach sind sechs Düsen vorhanden in gleichen Abständen; der Stich und der Windhauptanschluss kommen zwischen je zwei Düsen zu liegen. Vor jeder Düse liegt eine Thür mit Vorrichtung zum Oeffnen und Putzen der Düsenöffnung sowie zum Auswechseln.

Fig 63



Das ganze Bodenstück oder Unterstück ist so tief, dass es die Charge vollkommen aufnehmen kann, welche nach anderen, von Whiterow selbst gemachten Angaben 432—483 mm Badtiefe ergeben kann. Die bekannt gewordenen Zeichnungen lassen die Annahme zu, dass die innere Tiefe des Unterstücks 600 mm beträgt. Dasselbe schneidet mit vollkommen horizontaler, ebener Fuge ab, während das feste Oberstück eine flach konische Fugenfläche hat, so dass beim Anschliessen des Bodenstücks nur die Innenkanten des Futters beider Theile sich berühren, sonst aber eine Fuge bleibt, die von aussen vollgestampft werden kann. Die Verbindung beider findet mittelst starker und zahlreicher Keilbolzen statt, welche hinlänglich Raum zum Nachstopfen geben. Die Unterstücke gelangen mittelst kleiner Wagen unter die Converterobertheile und werden auf den Wagen selbst durch eine im Centrum der Aufstellung vorgesehene hydraulische Vorrichtung gehoben, bis sie angeschlossen werden können.

Die cylindrische Gestalt des Unterstücks setzt sich im Oberschacht noch eine Weile fort und erweitert sich dann in der Gegend des Eiseneinlasses, dem der Schlackenschlitz schräg gegenüber sich befindet, zu einer allerdings sehr steilen, rastartigen Zone, um dann in die sich zusammenziehende, kegelförmige Schnauzen- oder Maulzone überzugehen.

Zur Regulirung des Windes ist neben dem weiten Abfallrohr und über, sowie unter der grossen Drosselklappe damit verbunden, ein etwa halb so weites Verbindungsrohr mit besonderer Klappe vorgesehen.

Schliesst man die Hauptklappe, während die kleinere offen ist, so strömt der Wind durch das viermal weniger Querschnitt bietende Nebenrohr, gelangt unterhalb der geschlossenen Drosselklappe wieder in das Hauptwindleitungsrohr und in den Windringkasten.

Durch passende Verbindung der Hebel beider Klappen kann man ebenfalls eine allmälige Verringerung des Zuflusses hervorbringen.

§ 419. Aehnlich wie der Whiterow'sche Converter ist der von Hatton in Bilston entworfene Converter construirt, nur etwas complicirter noch insofern, als jeder Düsenkasten sein eigenes Windabfallrohr hat und an Stelle des oberen glatten und einfachen Ringrohres ein solches von sechs Windkästen unterbrochen angeordnet ist, aus denen die mit Visiren und Drosselklappen versehenen Fallrohre sich abzweigen.

Die Theilung in Boden und Oberstück ist ähnlich wie bei dem Whiterow'schen Converter, nur ist die Armatur der Fuge schwächer und von zwei aussen herumgelegten Winkeleisen gebildet, durch deren freiliegende Flanschen Keilbolzen gesteckt werden.

Die Windkasten sind recht complicirt aus Platten und Winkeln zusammengenietet und die Abfallrohre sind mit Kugelgelenk und Bügel versehen, um sie abhängen zu können, wenn der die Düsen enthaltende Untertheil gelöst werden soll.

Der Converter hängt in einem Säulenbau, der unten durch eine mit Rippen versehene Grund- oder Sohlplatte, oben durch eine Doppel-T-Eisenverbindung zusammengehalten wird. An den vier Säulen sind in geeigneter Höhe schräg stehende Streben mit Flanschen auf Passflächen und Passleisten festgeschraubt und tragen den konischen Hals des Converters, an welchem das Rumpfstück mit den Windkästen wieder mit Doppelwinkeleisen angeschlossen ist.

Warum, wie aus Hardisty's Zeichnung (a. a. O., Taf. XXI) hervorgeht, nochmals eine Winkeleisenverbindung des Mundstücks mit der auf dem Balkenverbund lagernden Plattform vorgesehen ist, erscheint schwer aufklärbar.

Einlassöffnung, Abstich und Schlackenschlitz weichen principiell nicht von der Whiterow'schen Construktion ab, und die kleinen Aenderungen sowie die vorstehend gekennzeichneten Unterschiede sind als Verbesserungen kaum anzusehen.

In der Besprechung des Hatton'schen Converters wird noch angeführt, dass der Boden absichtlich nicht als Losboden construirt sei, da in der bezüglichen Praxis sich für beide eine gleiche Behandlung ergeben habe; man habe in der ersten Wochenhälfte den einen, in der anderen einen zweiten Untertheil gebraucht und es sei ganz gleich gewesen, ob dabei ein Losboden vorhanden war oder nicht. Weder die Produktion noch die Zahl der Chargen seien erheblich andere in beiden Fällen gewesen.

§ 420. Ueber die amerikanischen Anlagen nach Clapp & Griffith's Patent und den Betrieb selbst sind verschiedene Mittheilungen von Whiterow, Hunt u. A. gemacht worden, welche auch die vorhandenen Dispositionen der Werke etc. unter Beifügung von Plänen geben.

Whiterow beschreibt die Oliver'sche Anlage zu Pittsburg, welche 1885 in Betrieb kam, in Iron Age (Stahl und Eisen, Mai 1885, S. 251). Dieselbe sollte drei Converter erhalten, welche in einem gemeinschaftlichen Säulengerüst hängen und von ebensovielen hydraulischen Hebevorrichtungen zum Ansetzen der Boden- oder Unterstücke bedient werden.

Die Chargen werden in zwei Cupolöfen eingeschmolzen, die hinter den Convertern stehen, ihre Produkte aber in eine Pfanne mit Abwägevorrichtung abgegeben, welche auf einer vor der Cupolofen- und hinter der Converterfront befindlichen Bahn circulirt und das Roheisen in nach den Convertereinfüllungsöffnungen führende Rinnen giesst.

Cupolöfen, Giessvorrichtung und Converter sind so hoch angeordnet, dass die Bühne um die Mäuler der letzteren ca. 3 m über der tiefsten Hüttensohle ist.

Das Auswechseln der Unterstücke wird dann so bewirkt, dass man die hydraulische Vorrichtung, mit dem Wagen darauf, hebt und den Anschluss der Unterstücke löst, wenn der Wagen deren Unterfläche berührt hat.

Die Windverbindung ist gleichfalls zu unterbrechen, wonach dann das Ganze heruntergelassen wird. Der Wagen mit dem Boden wird durch eine mittelst hydraulischem Cylinder und Rollenverbindung bewegte Kette auf dem ebenfalls der Cupolofenfront parallelen Geleise nach der letzten der im Geleise eingeschalteten Drehscheibe und von da nach dem Atelier, bezw. dem Trockenraum befördert.

Vorher liegen noch zwei Drehscheiben, auf deren Zweiggeleise im Trockenraum die fertigen Böden auf Wagen sich befinden, welche auf die Drehscheiben geschoben und dann zu den hydraulischen Hebevorrichtungen unter den Convertern gefahren werden können, um angehängt zu werden.

Es sind drei Trockenöfen vorhanden, welche mit Abzugessen für die Trockenfeuer versehen sind, die aus einfachen Blechrohren bestehen. Den Wind für den Betrieb der Cupolöfen liefert ein Sturtevantblower, wie er in Amerika seit langer Zeit für den Betrieb der Bessemerwerke neben dem Rootsblower verbreitet ist.

Er wird durch eine kleine verticale Maschine mittelst Transmission betrieben, während die Convertergebläsemaschinen 406 mm Dampfcylinderdurchmesser, 1219 mm Windcylinderdurchmesser sowie 762 mm Hub haben. Pumpen und Accumulatoren sind vorhanden und sorgen für die Aufzüge und Triebwerke. Vor jedem Converter ist eine besonders construirte Giessvorrichtung angelegt, welche sich auf einer Luftbahn hin und her bewegt, dabei eine gewisse Drehbarkeit hat und das Ausgiessen des Produkts in Coquillengruppen gestattet, welche ihrerseits auf Geleisen unter dem Luftgeleise circuliren und von einem an der den Convertern entgegengesetzten Wand etablirten Armkrahn aus beherrscht werden.

Aus den Betriebsergebnissen der ersten Versuchsanlage hoffte man in 24 Stunden 150 Tons Blöcke zu erzielen, vorausgesetzt, dass genügend für Bewegungsmittel der Blöcke, besonders Krahnen, gesorgt worden war.

§ 421. Der Whiterow'sche Bericht wird zunächst ergänzt durch zwei Berichte von Robert W. Hunt auf Meetings des American Institute Mining Engineers im Jahr 1885 (cf. Stahl und Eisen 1885, S. 440).

Als besonderes Merkmal des Clapp & Griffith'schen Processes wird von Hunt das Abstechen der Schlacke während des Verfahrens bezeichnet, welches nach eingetretener Neigung zum Ueberkochen geschieht. Dadurch wird das Metall vor ihrer längeren Berührung bewahrt und die Schlacke ist nicht mehr im Wege.

Demnächst wird die Art und Weise der Windabstellung und das Vermeiden jeden Ueberblasens der Charge als Merkmal angeführt. Dies kann sich aber nur auf einen Vergleich mit dem Avestaprocess, nicht auf einen mit dem gewöhnlichen Bessemerprocess beziehen. Demnächst hebt Hunt die Billigkeit der Anlage hervor, die es gestatte, zu erheblich geringerem Preise Waaren herzustellen, als dies im Wege des Puddelprocesses möglich sei.

Die Qualität anlangend, welche nächst der Kostenfrage in Betracht kommt, so sind in der genannten ältesten Anlage von Amerika viele Hundert Tonnen Metall für die verschiedensten Zwecke hergestellt und gut verwerthet worden.

Es wurden Nägel, Nieten, Drahtstangen, Telegraphen- und anderer Draht, Rohrbleche, gewöhnliche Bleche und Platten, Stäbe aller Art, endlich Schaufeln, Spaten und Material für Stanzwaare hergestellt. Bemerkenswerth ist, dass von dem gleichen Metall grosse Mengen an Stelle schwedischen Stabeisens (vermuthlich zur Cementstahlfabrikation) verarbeitet worden sind.

Das Rohmaterial war anfänglich nur bestes englisches Bessemereisen; da man aber dabei Produkte erhielt, die weit über alle an dasselbe zu richtenden Anforderungen hinausgingen, so ging man zu Roheisen von geringerer Qualität über und machte z. B. aus Material von 0,09—0,14/₀₀ P ständig ein schweissbares und dabei sehr zähes Metall.

Auf Hunt's Veranlassung wurden aber Versuchschargen mit höher phosphorhaltigem Roheisen gemacht und Produkte von 0,34, sogar von 0,54/₀₀ P erzielt, welche sich bei warmer und kalter Probe auszeichneten. Nach Wiederholung der Versuche wurden grössere Mengen gleichen Fabrikats erzeugt und die gleichen Wahrnehmungen gemacht.

Ein Muster, eine nicht ganz vollendete Schaufel, welche sich kalt doppelt biegen liess und auch schweissbar war, enthielt

C	0,11
Si	0,014
S	0,120
P	0,346
Mn	0,53

Dieses nicht ein Mal, sondern massenhaft erzielte Produkt ergab auch bei Zerreissprobe befriedigende und auf sehr grosse Zähigkeit schliessen lassende Resultate. So ergab ein Stahl von

C	0,08
Si	0,01
P	0,50
Mn	0,48
S	0,09

eine Zerreissfestigkeit von 56,03—56,91 Kilo pro Quadratmillimeter, bei 23,00—24,00/₀₀ Dehnung und 32,5—37,6/₀₀ Contraktion.

§ 422. Später wurden die Versuche fortgesetzt und Hunt berichtet darüber in seinem zweiten Vortrag wie folgt.

Aus Mischungen guten normalen Bessemerroheisens von Lake superior und einem unter Schlackenzusätzen und geringeren Erzen derselben Gegend dargestellten Roheisen (von Neshannock) sowie zeitweilig Schrotbeigabe wurden Produkte von 0,08—0,13/₀₀ C, 0,32—1,13/₀₀ P, 0,004—0,009/₀₀ Si, 0,5—0,81/₀₀ Mn, 0,03—0,09/₀₀ S geblasen, welche zu Blöcken von 200 mm Quadrat vergossen und

ausgewalzt wurden. Das Verhalten dabei war nach Hunt's Wahrnehmung sehr gut und machte einen um so besseren Eindruck, als eigentlich das vorhandene Walzwerk zu den Blockdimensionen nicht genau passte. Eine grössere Zahl der Blöcke wurde zu Rundstäben von 9,5 mm heruntergewalzt und zu verschiedenen Handelsfabrikaten verarbeitet, so dass die Walzbarkeit eines Metalls mit bis $1{,}1/_{00}$ P nach Hunt ausser Frage steht.

Etwas anderes ist es mit dem Werth des Produkts für andere allgemeine Zwecke und mit der Erforderniss eines entsprechenden Manganzusatzes. Welches Verhältniss hierbei das günstigste war, ist trotz verschiedener mechanischer Proben nicht klarzustellen gewesen; dagegen ergab sich mit Sicherheit, dass ein hoher *P*gehalt nur mit einem niedrigen *C*gehalt verbunden sein kann, wenn sich gute Resultate zeigen sollen. Höhere Kohlengehalte neben entsprechendem Phosphorgehalt ergaben zwar noch walzbare, selbst kalt biegsame, gleichzeitig aber sehr harte Stangen.

Als den Grund für dieses eigenthümliche Verhalten des Phosphorgehaltes sieht Hunt die nahezu vollständige Elimination des Siliciums an, welche nach ihm das eigentliche, innerlich unterscheidende Charakteristicum des Processes Clapp & Griffith's bildet.

Aus den Betrachtungen, die Hunt schon im ersten Vortrag an diese Wahrnehmung knüpft, geht mit Sicherheit hervor, dass das Blasen im Clapp & Griffith'schen Converter den Charakter einer mit starkem Eisenabbrand verbundenen kalten Charge bietet.

Der Weg der Luft ist kürzer als im Bessemerconverter und es brennen zunächst Eisen, Mangan und Silicium weg, Kohlenstoff erst später; die Temperatur wird am Ende wohl steigen, wenn auch nie so hoch als bei längerem Luftweg, aber es wird die Siliciumelimination einerseits durch die starke Schlackenbildung, andererseits durch die Temperaturverhältnisse immer sehr vollständig sein.

Ob das Schlackenabstechen in irgend welcher Weise wirksam ist, lässt sich nicht recht ermitteln, da die Phosphorgehalte des Materials nicht bekannt gegeben worden sind. Bezüglich der Wandlungen des Siliciumgehaltes hat Hunt Beobachtungen mitgetheilt, die indessen nur geringe Aufschlüsse gewähren. Es wäre sehr wichtig gewesen, zunächst eine entphosphorende Wirkung des Schlackenabflusses zu suchen.

Das Schlussurtheil Hunt's ist, dass Anlagekosten, Qualität und Produktionskosten die Einführung des Clapp & Griffith'schen Processes zur Erzeugung weicher Produkte für allgemeine Zwecke begünstigen, namentlich dort, wo es sich in bereits vorhandenen Werken darum handelt, das Eisen durch Stahl zu ersetzen.

Es ist dies indess nur für Nordamerika gültig, da Europa, besonders der Continent, auch in grossen Convertern Produkte jeder Art zu erblasen versteht und eines besonderen Betriebes in kleinerem Maassstab nicht bedarf.

Die Gründe gegen die Nothwendigkeit eines solchen sind für rheinisch-westfälische Verhältnisse noch ganz besonders von R. M. Daelen in einem Aufsatze: Ueber Kleinbessemerei (Stahl und Eisen 1885, S. 366) dargelegt und zum Theil von Constant Steffen (ebendaselbst 1885, S. 537) wiederholt worden.

Neuere Nachrichten über die weitere Entwickelung des Clapp & Griffith'schen Verfahrens gibt vor Allem ein Bericht von Kurt Sorge aus Osnabrück, welcher nach eigener Anschauung die Anlage und den Betrieb der bedeutendsten Anlagen beschreibt.

Vorher schon waren von Whiterow u. A. die Fortschritte und die Verbreitung des Verfahrens geschildert worden (cf. Stahl und Eisen 1886, S. 132 u. 172).

§ 423. Während das Verfahren der Kleinbessemerei den vorstehenden Mittheilungen entsprechend in Amerika festen Fuss fasste, wurden in Europa verschiedene Versuche gemacht, in der angedeuteten Richtung weiter zu gehen, und es entstanden allerlei Varianten des Grossconverters und des Clapp & Griffith'schen.

Eine Einrichtung, welche speciell den von H. Bessemer in seinem § 411, S. 426 erwähnten Vortrag Bedarfsfall an flüssigem Stahl zur Vermischung mit Roheisen und Schrot betrifft, ist von Davy in Sheffield angegeben worden.

Die an den gewöhnlichen Converterconstruktionen vorgenommenen Aenderungen beziehen sich naturgemäss zuerst auf das verminderte Volumen der Apparate, die in zwei Grössen, zu 100 und 500 Kilo, construirt worden sind.

Die grössere Birne wird mit zweitheiligem Mantel von 9,5 mm starkem Blech hergestellt, mit Ganister in gewöhnlicher Weise ausgefüttert und dann der Lage des Schwerpunktes entsprechend eingehängt. Dies geschieht dadurch, dass die Zapfen Stirnplatten haben, welche mit anderen auf dem Birnenmantel befestigten Platten correspondiren, und dass die Befestigungsbolzen in Schlitzlöchern sitzen, die Zapfen sich also auf der Birne verschieben lassen.

Da der eine hohle Zapfen den Wind einführt, so hat das am Converter nach dem Windkasten herabführende Rohr eine telescopartige Einrichtung und kann sich ausdehnen, bezw. zusammenschieben.

Der Converter ruht während des Blasens auf Ständern, wird mittelst Schneckenübertragung von Hand bewegt und nach geschehenem Blasen in umgelegter Stellung mittelst Krahnen zum Giessort

gebracht. Eine Bügelaufhängung wie bei jeder Krahnpfanne ist zu diesem Behufe angebracht, und der Anschluss derselben an die Ständer geschieht mittelst keilförmiger Dornen, welche die Unterenden der Bügel bilden und in den Ständerkopf sich einsenken.

Der kleinere Converter ist ähnlich gebaut, aber auf Rädern montirt, um sich leichter transportiren zu lassen. Er hat nicht wie der grosse eine dem Grossbetrieb entlehnte Bodenconstruktion, sondern einen Lilienstern'schen Dörnerboden aus einem einzigen Stück feuerfester Masse.

Die Drehung findet von Hand statt, der Wind wird aus einer stationären Windleitung in den Windkasten gelassen, passirt aber vorher den einen hohlen Zapfen.

Die Einstellung des gefütterten kleinen Converters findet nicht in gleicher Weise statt wie bei dem grösseren Frischgefäss, sondern durch Einlegen von Platten von bestimmter Dicke und zwischen dem Tragegürtel des Wagens und den beiden Flanschen des Converterobertheils.

Die Manipulation der Charge ist einfach und der Converter wird gewissermaassen als fahrbare Giesspfanne gehandhabt, vor dem Cupolofen gefüllt, auf dem Standort für das Bessemern abgeblasen, wieder umgelegt, nach der Giessstätte gefahren und ausgeleert.

Bei der Benutzung zu Gussstücken ist das Vermeiden von Schlackenüberfliessen wichtig, welches bei der Herstellung von Blöcken nichts zu sagen haben, die Gussstücke indess unvermeidlich zu Ausschuss machen würde.

Hardisty bespricht in seinem bereits citirten Vortrag (Journal of the Iron and Steel Institute 1886, II, S. 661) diesen Umstand und erwähnt die Schwierigkeiten des Giessens.

Ein Umgiessen in Pfannen kühle zu sehr ab und eine gewöhnliche Bessemergiesspfanne mit Abstich am Boden gäbe auch leicht einen zu vehementen Metallstrahl; deshalb sei es besser, die Schlacke gut abzukehren, im Uebrigen aber direkt aus dem umgelegten Converter zu giessen. (S. auch Stahl und Eisen 1887, S. 29.)

§ 424. Die Reihe der Kleinconverter wird nicht besser abgeschlossen als mit demjenigen, der die meisten Debatten hervorgerufen und sich als Concurrent des basischen Verfahrens einen gewissen Ruf verschafft hat.

Der Converter von Walrand-Delattre ist ein schwingender, in horizontaler Axe von Hand beweglicher, der den Wind von einer Seite aus und in gewisser Höhe über dem Boden erhält. Die cylindrische Gestalt des Converterinnern ist zu diesem Behufe abgeplattet und es münden auf der abgeplatteten Seite etwa vier Düsen in schräg nach unten gelegter Richtung, welche in Folge dessen den Wind unter die Badfläche blasen.

Auch in horizontaler Projektion gesehen, stehen die Düsen keineswegs normal zur Innenfläche, sondern convergiren nach der Axe, indem sie an der einen Seite stärker geneigt erscheinen als an der anderen (cf. Hardisty, Taf. XXIII).

Die Düsenneigung gegen die Horizontale sollte stärkere Wallungen hervorrufen, ohne einen grösseren Druck herzustellen, als mit den bloss horizontal liegenden Düsen der Clapp & Griffith'schen Converter vorgeblich erreicht wurde.

Diese sehr bestreitbare Ansicht hat sich im Verlauf der Versuche selbst als hinfällig erwiesen; im Uebrigen ist sie von Constant Steffen heftig kritisirt worden (Stahl und Eisen 1885, S. 537).

Die umstehende Skizze gibt die Einrichtung des durch Versuche in Hollerich (Luxemburg), Fraisans (Franche comté), Stenay (Französisch-Lothringen) bekannt gewordenen Apparates nach der Darstellung von Steffen (a. a. O., Taf. XXX), während auf Taf. XV die Einrichtung der Versuchshütte in Hollerich nach einer Originalskizze der Betriebsführer dargestellt ist.

Diese Versuchshütte bleibt deshalb von Interesse, weil sie ziemlich die einzige Stelle gebildet hatte, auf welcher das von Concurrenten des Thomasverfahrens vorgeschlagene Umgiessverfahren unter Betrieb zweier Converter ausgeführt worden ist.

Harmet hatte in einem (französischen) Patent vom 13. Februar 1879, No. 12911, eine combinirte Methode angegeben, aus phosphorhaltigem Roheisen durch aufeinanderfolgendes Behandeln in zwei Convertern phosphorfreien Stahl, bezw. Flusseisen herzustellen.

Beide Converter waren im Betrieb so verbunden, dass im ersten derselben entsilicirt, im zweiten entphosphort wurde, nachdem die kieselreiche Schlacke abgegossen war.

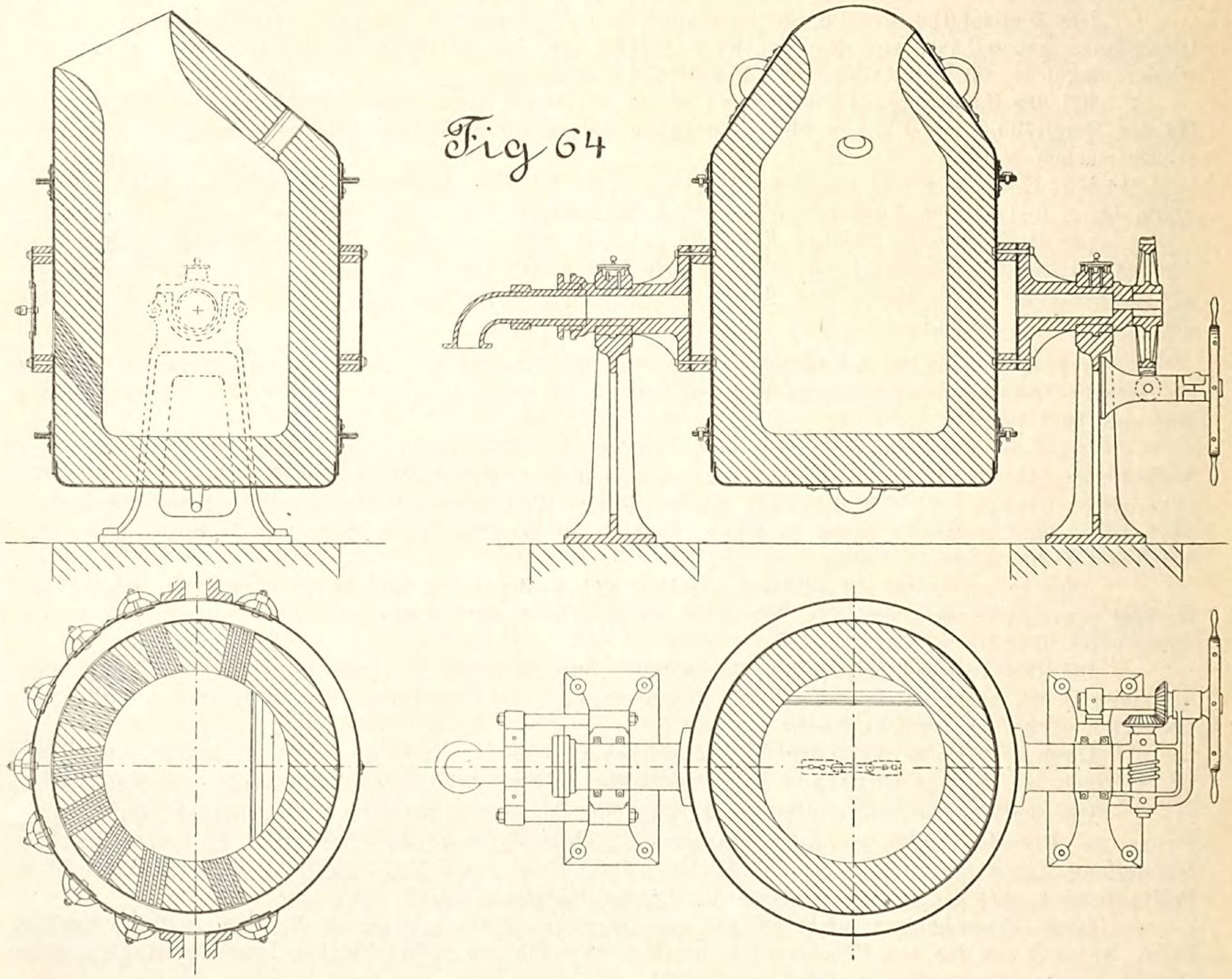
Im letzten Stadium der Versuche war der erste Converter mit saurem, der zweite mit basischem Futter versehen, und zeitweilig wurde sogar Magnesia angewandt. In welcher Weise Servais in Hollerich das Patent von Harmet modificirt hatte, und welche Beziehungen das Servais'sche Verfahren zum basischen Process etc. hatte, geht aus der scharfen Kritik Steffen's (a. a. O., S. 542 u. ff.) hervor, auf welche hier verwiesen wird, welche aber wohl nicht in allen Punkten verdient ist.

§ 425. Die auf Taf. XV dargestellte Walrandanlage, welche im Sommer 1885 in ihren Produkten auf der Antwerpener Ausstellung in der Luxemburger Abtheilung vertreten war, bietet immerhin einige für den Kleinbessemerbetrieb interessante Momente, auch wenn man sich für das Umgiess- oder

Umfüllverfahren (procédé de transvasement) nicht erwärmen will. Aber selbst dieses bietet vielleicht in Verbindung mit dem Vortheil der Entphosphorung ein Mittel, die Schlacken überhaupt zu beseitigen, wenn es sich um Darstellung von flüssigem Giessmaterial handelt, welches nicht in Blöcken, sondern in Formen gebräuchlicher Gegenstände erstarren soll.

Die Einrichtung ist eine einfache, vorwiegend aus Eisenconstruktionen bestehende. Der Cupolofen mit primitivstem Gichtaufzug bietet nichts Besonderes dar; derselbe steht mit dem sauren Converter auf einer etwas erhöhten Terrasse, beide auf besonderem Fundament und so disponirt, dass der Abstich des Cupolofens mit besonderer gekrümmter Rinne in das Maul des umgelegten Frischgefässes laufen kann.

Das Gewicht der Charge grauen, manganfreien, Luxemburger Eisens betrug 1500 Kilo und ihr Schmelzen im Cupolofen nahm 30 Minuten in Anspruch. Im Converter blies man mit etwas über einer



halben Atmosphäre Ueberdruck und hatte anfänglich (bis zur ersten Schlackenbildung) eine kräftige Funkenerscheinung, ohne dass sich Flammen gezeigt hätten, die erst nach 8 Minuten eintraten und 5 Minuten lang den warmen Gang begleiteten.

Nach dem Verschwinden der Flammen nahm man die Verbrennung des Siliciums und des Kohlenstoffs als geschehen und abgeschlossen an und entleerte den Converter in die Umfüllpfanne, die auf dem Rande der Terrasse fahrbar angebracht erschien.

Das Metall war sehr warm und gelangte möglichst rasch in die Rinne, die zum basischen Converter herabführte, in den man ca. 100 Kilo Kalk eingeschüttet hatte.

Nach Eintreten des gleichen Winddruckes wie beim ersten Converter kippte man auf und blies noch 4 Minuten, aber ohne Flamme, doch mit einiger Steigerung der Temperatur, da die Entphosphorung nunmehr im vollsten Gang sich befand.

Am Schluss dieses Ueberblasens entleerte man den Inhalt des Converters in die eigentliche Giesspfanne unter Zusatz von $1/_{00}$ Ferromangan. Die Schlacke erschien sehr flüssig und das Metall sehr warm; letzteres wurde in kleine in einer von der Pfanne befahrbaren Grube stehende Coquillen gegossen.

Einschliesslich des Umfüllens nahm die Charge 22 Minuten in Anspruch und zeigte 18—19/$_{00}$ Abbrand. Die in Antwerpen ausgestellten Proben enthielten:

Stahl aus halbirtem Roheisen: 0,218 *C*, 0,0499 *Si*, 0,063 *S*, 0,014 *P*, 0,248 *Mn*,
Stahl aus grauem Roheisen: 0,158 „ 0,065 „ 0,052 „ 0,007 „ 0,264 „

(cf. Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1886, S. 403).

Eine recht neue Mittheilung von Ch. Walrand selbst erschien erst Anfang 1887 in Stahl und Eisen und behandelte den Betrieb in Stenay, welcher theils basisch, theils sauer ist; auf die Quelle muss wegen weiterer Details, namentlich bezüglich der Kosten, verwiesen werden.

Noch neuer ist der ausführliche Bericht von Kurt Sorge, welcher den Clapp & Griffith-process in den Vereinigten Staaten behandelt und im Allgemeinen das früher Gesagte bestätigt (Stahl und Eisen 1887, S. 316).

Aufstellung und Bewegung der Converter.

§ 426. Die nach Armatur und Futter, Grösse und Gestalt im Vorhergehenden deutlich charakterisirten Converter können in verschiedener Weise aufgestellt und bewegt werden.

Gelagert sind dieselben mittelst der an dem Gürtelstück befestigten, theils hohlen, theils massiven Zapfen in gusseisernen, mit Metallschalen ausgekleideten Lagern von sehr fester Construktion, die ihrerseits wiederum mit den Fundamenten möglichst fest verbunden sein müssen.

Bessemer lagerte die ersten seiner Converter in niedrige Lagerböcke, welche auf Mauerpfeilern mittelst Ankerplatten und Ankern genügend festgezogen waren. Diese Anordnung sowie die damit verbundene Bewegungseinrichtung nahm viel Platz fort und gestattete namentlich nicht den freien Zugang unter dem Converter. Zwischen den beiden Mauersockeln der Lager bildete sich ein enger, sehr heisser Winkel, aus dem Cokes, Eruptionsprodukte, Schlacken, Stahlfetzen etc. nur mit grosser Mühe herausgeschafft werden konnten, und welcher auch für das Auswechseln ohne jeden Nutzen war, da jeder Theil nach oben ausgehoben und weggesetzt werden musste.

Stellt man sich bei Betrachtung der auf Taf. XXI dargestellten älteren Anlage vor, dass der eiserne, nach der Giessgrube zu belegene Lagerständer des Converters durch einen Mauerpfeiler mit niedrigem Lager ersetzt sei, so hat man ungefähr die älteste Disposition, wie sie in Hand- und Lehrbüchern vielfach mitgetheilt worden ist.

Im Interesse der Zugänglichkeit und namentlich nach eingetretener Vergrösserung der Chargen, zuerst von 3 auf 5 Tonnen, dann auf 7 und noch mehr Tonnen, ging man bald zu Constructionen, wie sie eben Taf. XXI andeutet, über und betrat damit ein weiteres Feld mit einer ganz anderen Dispositionsfreiheit, als die alte Bessemer'sche Chablone sie gestattete.

Das Detail der älteren Lagerung (allerdings bei durchaus anderer Stellung der Converter, als sie Bessemer vorgeschrieben hatte und als sie auf Taf. XXI abgebildet ist) erhellt aus der Darstellung Taf. XI, wo in Fig. 1 rechts das Lager des hohlen Windzapfens, links das des massiven, mit einer Kuppelung versehenen Dreh- oder Bewegungszapfens dargestellt ist.

Man sieht leicht, dass das letztere sehr kräftig gebaut ist, und dass namentlich der nächste Lagerständer durch Doppelwände sich von dem anderen Lagerständer auszeichnet. Beide ruhen auf unterseits verrippten und verstrebten Lagerplatten mit Flanschen und Passflächen und sind darauf fest verschraubt.

§ 427. Man ist bei neueren Anlagen immer mehr dazu übergegangen, die Lager der Converter in vollkommenster Zugänglichkeit aufzuhängen und sich dabei ausschliesslich metallischer Constructionen zu bedienen. Nur ausnahmsweise treten noch Pfeiler von Mauerwerk als Stützen für die Lager der Converter auf, wie in der Bessemeranlage Taf. XXIII, welche in Westfalen thätig gewesen, doch bereits wieder umgebaut worden ist.

Bald sind es starke Trägerverbindungen, welche auf Säulen und Pfeilern sich auflagern und gleichzeitig für die Plattform der Beobachtung etc. die erforderlichen, consolartigen Ausladungen tragen.

Die als Typus amerikanischer Anlagen dargestellte Disposition von St. Louis (Taf. XXV) lässt vier Säulen und vier ständerartige Stützen erkennen, auf denen sich mittelst gegossener Balken und gewalzter Doppel-T-Träger eine Plattform aufbaut.

Die Converterlager sind direkt auf dem Gussbalken aufgeschraubt, und die ganze Anlage ist dadurch unterhalb vollkommen frei und zugänglich. Die zwei innersten Säulen sind gleichzeitig als Windleitungen benutzt und an den betreffenden Gussträgern erscheinen deshalb Windkanäle angegossen.

Auf diesem ganzen Unterbau erheben sich weiter ein kleines Gerüst zum Unterfangen der Giessrinnen und des dieselben vereinigenden Sumpfes, dann ein kräftiges, aus durchbrochenen Wandpfeilern bestehendes Gerüst, das die beiden Kamine sowie einen Unterzug für die in der gedachten Höhe wieder ausgefüllte volle Wand trägt. Auch die in der Mitte zur Krahnbefestigung angeordneten Doppel-T-Balken erhalten ihr eines Auflager auf der obersten Querverbindung des eben beschriebenen Ständeraufbaues.

Die Bewegungsmechanismen befinden sich ausserhalb der Converterstellung und sind eingemantelt; sie liegen ebenfalls auf der Plattform und sind auf dem Profil durch beide Hallen nicht weiter angedeutet.

Eine ähnliche Auflagerung zeigt die in ihrer Gesammtdisposition auf Taf. XXIV wiedergegebene oberschlesische neue Anlage. Die Converterzapfenlager liegen auch hier auf sehr kräftigen, einerseits auf Wandpfeilern, andererseits auf runden Säulen befestigten Balken, deren weit herausragende Enden die bis vor die Mündungen der horizontal gelegten Converter reichende Bühne tragen.

Ein vollendetes Beispiel metallischer Construktion zur Aufhängung der Converter, welches eine weitgehende Freiheit von der bisherigen Chablone zeigt, ist in der auf Taf. XXII dargestellten belgischen Anlage vorhanden. Ein kastenartiger, durchbrochener Ständer trägt das Doppellager des Bewegungsmechanismus, ein etwas leichter construirter das Lager des Hohlzapfens.

Von beiden aus gehen Balkenverbindungen zu den Dachstützen der Schmelzhalle und tragen sowohl die Bühnen als auch die Kamine der beiden Birnen.

Die Wendevorrichtungen der Converter.

§ 428. Die Bewegung der Converter erfolgt heute nur durch hydraulische Druckübertragung, soweit (wie in einzelnen Fällen der Kleinbessemerei) nicht Handbetrieb vorgesehen ist.

Alle anderen Motoren, wie Dampf, atmosphärische Luft, sind wegen der Elasticität, bezw. der Condensirbarkeit nicht wettbewerbfähig gewesen; nur das unelastische Wasser erwies sich als vollkommen geeignet, die Bewegungen der die flüssigen Einsätze und Chargen bergenden Apparate mit der nöthigen Sicherheit auszuführen.

Das Wasser wird durch geeignete Pumpen in die Leitungen gedrückt, wobei ein Accumulator die erforderlichen Ausgleichungen und Reserven bietet, und passirt dann die Ventilanlagen zur Vertheilung an die einzelnen Verbrauchsorte, Converterwendevorrichtungen, Stahlkrahne etc.*)

Einen namhaften Antheil am Wasserverbrauch hat die Converterwendevorrichtung, weil sie während des Betriebs selbst jeden Augenblick in Thätigkeit kommen kann und bei jeder Probenahme sowie jeder Beobachtung gebraucht wird.

Der Hauptsache nach bestehen alle Wendemaschinen aus dem in einem ausgebohrten Cylinder geradlinig geführten Kolben, dessen Stange ausserhalb des Treibcylinders möglichst fest mit einer Zahnstange verbunden ist, welche direkt oder durch Vermittelung eines Zwischenrades in das auf dem einen Zapfen des Converters sitzende Getriebe eingreift.

Ganz ausnahmsweise findet man auch Construktionen, bei denen der Cylinder auf fester Kolbenstange sich bewegt und an der einen Seite die Zahnstange, angegossen oder in geeigneter Weise befestigt, trägt.

Bei den Wendevorrichtungen mit festem Cylinder ist letzterer an jedem seiner beiden Enden in fester Verbindung mit den Vertheilungsventilen, welche von einem gemeinschaftlichen Steuertisch aus bewegt werden, wie später gezeigt werden soll. Von einer Seite wird deshalb der Cylinder mit frischem Injektionswasser gespeist, während von der anderen Seite in gleichem Maasse verdrängt das verbrauchte abfliesst.

Der Kolben und mit ihm die Zahnstange können somit in jedem Moment nach der einen oder anderen Seite gedrückt werden; durch Abschluss beider Rohrstränge vermag man auch den Kolben und dadurch den Converter in beliebiger Lage zu fixiren.

Man wendet in der Praxis sowohl stehende als auch liegende Wendemaschinen an, deren Wahl meist durch die lokalen Verhältnisse bedingt wird, oft auch Ansichtssache ist.

Stehende Maschinen kann man beliebig nahe an die Converteraxe heranrücken und in gewissem Sinn compendiöser bauen, während die liegende Maschine entweder direkt in ein auf der Converteraxe sitzendes grosses Rad oder in ein Zwischenrad eingreifen und im ersten Fall einen unverhältnissmässigen Hub, im anderen eine schwerfällige und complicirte Construktion erhalten muss.

Vermindert man den Durchmesser des Triebrades und rückt die liegende Maschine näher an die Converteraxe, so wird in vielen Fällen die Aufstellung unsolider und theurer.

Bei der liegenden Maschine nutzen sich auch die Kolbenliderungen rascher ab als bei der stehenden Anordnung.**)

§ 429. Man kann die stehenden Wendemaschinen vertical oder geneigt, unter oder über der Converteraxe anordnen.

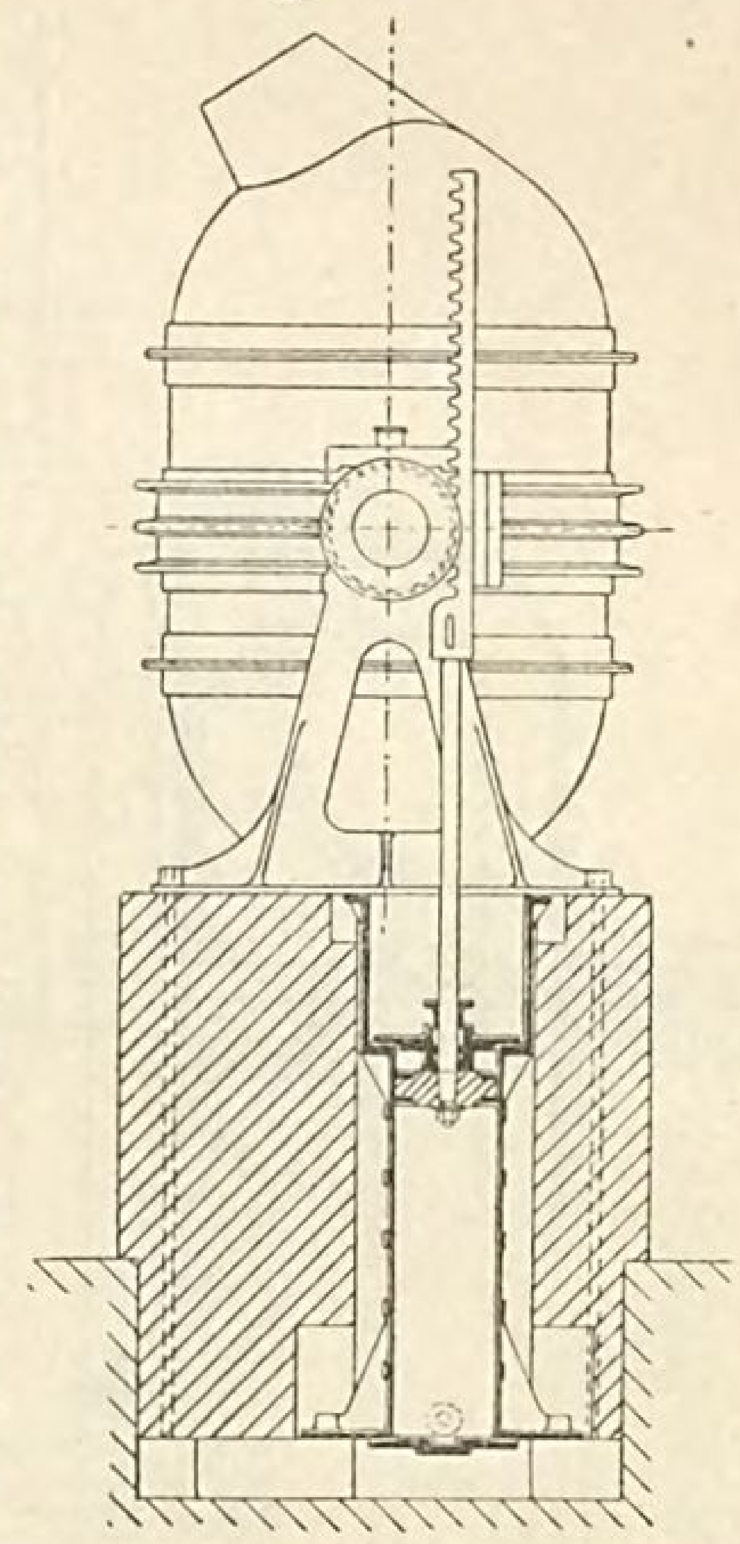
*) Die Seele der ganzen hydraulischen Einrichtungen ist natürlich die Pumpenanlage nebst Accumulator und Steuertisch; ihre Beschreibung folgt unter Abtheilung E. dieses Kapitels.

**) Vgl. Alfred Musil, Die hydraulische Bewegung in den Bessemerhütten (Kärnthner Zeitschrift 1877, S. 275).

Als Typus der verticalen Aufstellung mit unten befindlichem Cylinder kann die von Musil mitgetheilte, in Fig. 65 wiedergegebene Anordnung bezeichnet werden.

Wie immer ruht der Converter in zwei Lagerständern und ist der Cylinder der Drehvorrichtung mit der ganzen Auflagerung des Converters dadurch fest verbunden, dass ersterer einen kastenartigen Fortsatz trägt, der mit der entsprechend vergrösserten Grundplatte des Lagerständers fest verschraubt ist.

Fig 65



Ausserdem ruht der untere, sehr breit construirte Flansch des Treibcylinders auf entsprechenden Bauconstruktionen des Fundamentes, mit denen er durch starke Lappenrippen und Schrauben nochmals verbunden ist.

Eine ähnliche Construktion haben die Wendemaschinen der sauren Anlage zu Hörde (vgl. Dürre, Das Eisenhüttenwesen auf der Wiener Ausstellung, Taf. XVIII). Hierbei, wie Fig. 66a (S. 440) es zeigt, dient die Auflageplatte des Drehlagers als obere Decke des Kastens und bildet mit letzterem ein Stück.

Der Kastenboden ist so ausgeschnitten, dass der Treibcylinder mit seinem oberen Ende hineinragt und mit der Innenfläche des Kastenbodens abschneidet, so dass nur der Deckel des Cylinders mit seiner Flanschenhöhe über die Innenfläche des Kastens heraussieht. Zur gegenseitigen Befestigung und Verbindung beider trägt der Cylinder einen starken Flansch in solcher Höhe, dass derselbe sich genau um die untere Kastenfläche anschliesst und an derselben festgeschraubt wird.

Der Cylinder selbst hängt alsdann vollkommen frei in einer Nische des Convertermauerwerkes und kann gegen alle Beschädigungen des Betriebes geschützt werden.

Während in Fig. 66a Vorderansicht und Grundriss nebst theilweisem Durchschnitt einzelner Theile dargestellt sind, findet man in Fig. 66b (S. 441) in anderthalbfach grösserer Wiedergabe die Vorderansicht des Treibapparates, den Durchschnitt durch den Cylinder und die Kanäle sowie zwei Horizontalquerschnitte des Treibcylinders.

§ 430. Andere Arten der verticalen Aufstellung des Wendecylinders geben Taf. XIII u. XIV, von denen die letzterwähnte älterer Construktion ist als die andere.

Der Wendecylinder ist hier an eine Wandplatte auf der Innenseite des gemauerten Converterlagerpfeilers befestigt, indem jederseits vier Verschraubungen die angegossenen Befestigungsplatten des Cylinders mit der Wandplatte und dem Lagerpfeiler fest verbinden, durch welch letzteren die Schraubenstangen hindurchgehen, um jenseits der äusseren Seite mittelst der dort befindlichen Muttern angezogen zu werden.

Die Wandplatte, selbst rahmenartig mit Rippen verstärkt, trägt oben eine nach vorn und nach der Rückseite vorspringende Deckplatte, mit der sie an die im Innern der Lagerständer vorspringenden Auflageflanschen stösst und durch bis auf die Oberseite des Ständers gehende Schrauben fest angezogen wird.

Der Lagerständer springt dabei hinreichend weit vor, um noch die Lager der die glatte Rückseite der Zahnstange führenden Rolle aufnehmen und tragen zu können. (S. speciell Fig. 3 u. 5 der citirten Tafel.)

Die Wendevorrichtung für die auf Taf. XIII dargestellte basische Birne (zu Peine) zeigt in Fig. 2 den Durchschnitt der Auflagerung des Treibcylinders, während Fig. 1 die Ansicht der Bewegungsübertragung auf die Converteraxe gibt.

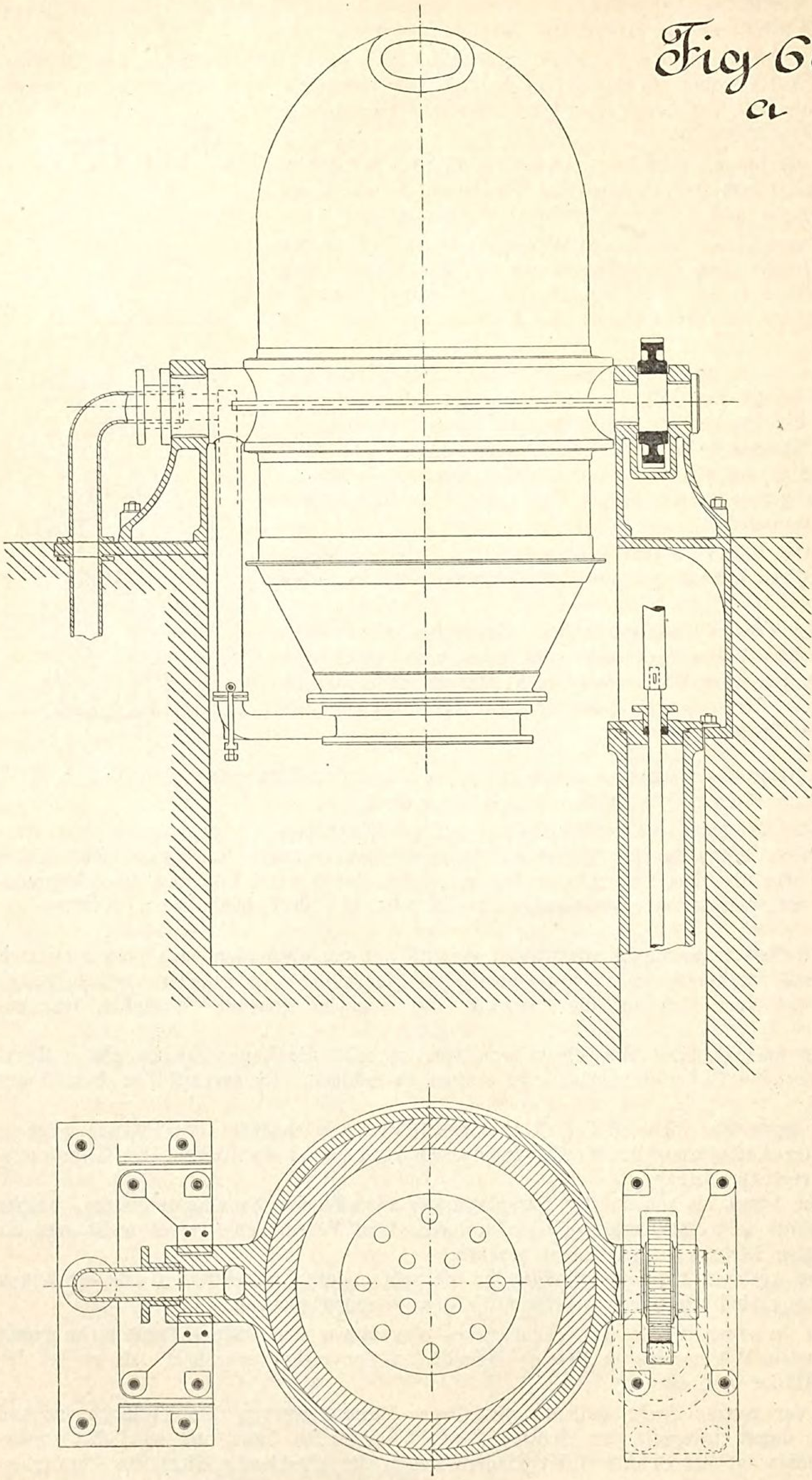
Der Treibcylinder hängt einfach in der Fussplatte des betreffenden Axenlagerständers, welche Fussplatte zu diesem Behufe mit einer aufgegossenen stulpenartigen Verstärkung versehen ist, um die unteren Befestigungsmuttern leichter zugänglich zu machen.

Die Fussplatte ist getheilt, um den Cylinder, den sie später genau umschliessen soll, einhängen zu können, und beide Theile sind mit hohen kräftigen Leisten zusammengezogen.

Der Cylinder ist in einer Nische des Mauerwerkes eingelassen und dadurch weit mehr gegen den Einfluss der strahlenden Wärme des in Betrieb befindlichen Converters geschützt, als es bei der Einrichtung auf Taf. XIII der Fall ist.

Wichtig ist bei der ganzen Sache stets die metallische Verbindung von dem Treibcylinder und der Getriebeauflagerung, damit jederzeit der richtige Eingriff stattfinden kann und möglichst unveränderlich bleibe. Demnächst ist der Schutz des Cylinders gegen die strahlende Hitze des Converters thunlichst anzustreben.

Fig 66 a



§ 431. Das auf der Axe des Converters sitzende Getriebe bestimmt in seinem Durchmesser den Hub der ganzen Maschine. Wenn man daher eine kurz gebaute Maschine, also einen kleinen Hub, als wünschenswerth bezeichnen kann, so kann man mit dem Durchmesser des Triebrades doch nicht unter eine gewisse Grenze heruntergehen, ohne einen zu grossen Zahndruck, eine zu kleine Zähnezahl und eine ungünstige Zahnform zu erhalten.

Musil bezeichnet als mittlere Grösse für den Theilkreisdurchmesser neuerer Wendemaschinen 600 bis 800 mm.

Dieses Getriebe sowie die in dasselbe eingreifende Zahnstange macht man aus dem besten Material, das sich für solche Zwecke darbietet: sehr gutem Gusseisen und Gussstahl. Seit man den letzteren sowie besseren Flussstahl ebenso zu behandeln versteht wie ein jedes andere, minder strengflüssige Giessmaterial, ist Stahl entschieden vorzuziehen.

Man versieht in der Regel das Getriebe mit seitlichen Scheiben, welche die Zähne zum Theil oder ganz einschliessen und denselben einen grösseren Halt geben.

Theilung u. Zahnbreite wählt man möglichst gross, um sicher zu gehen, und empfiehlt Musil in

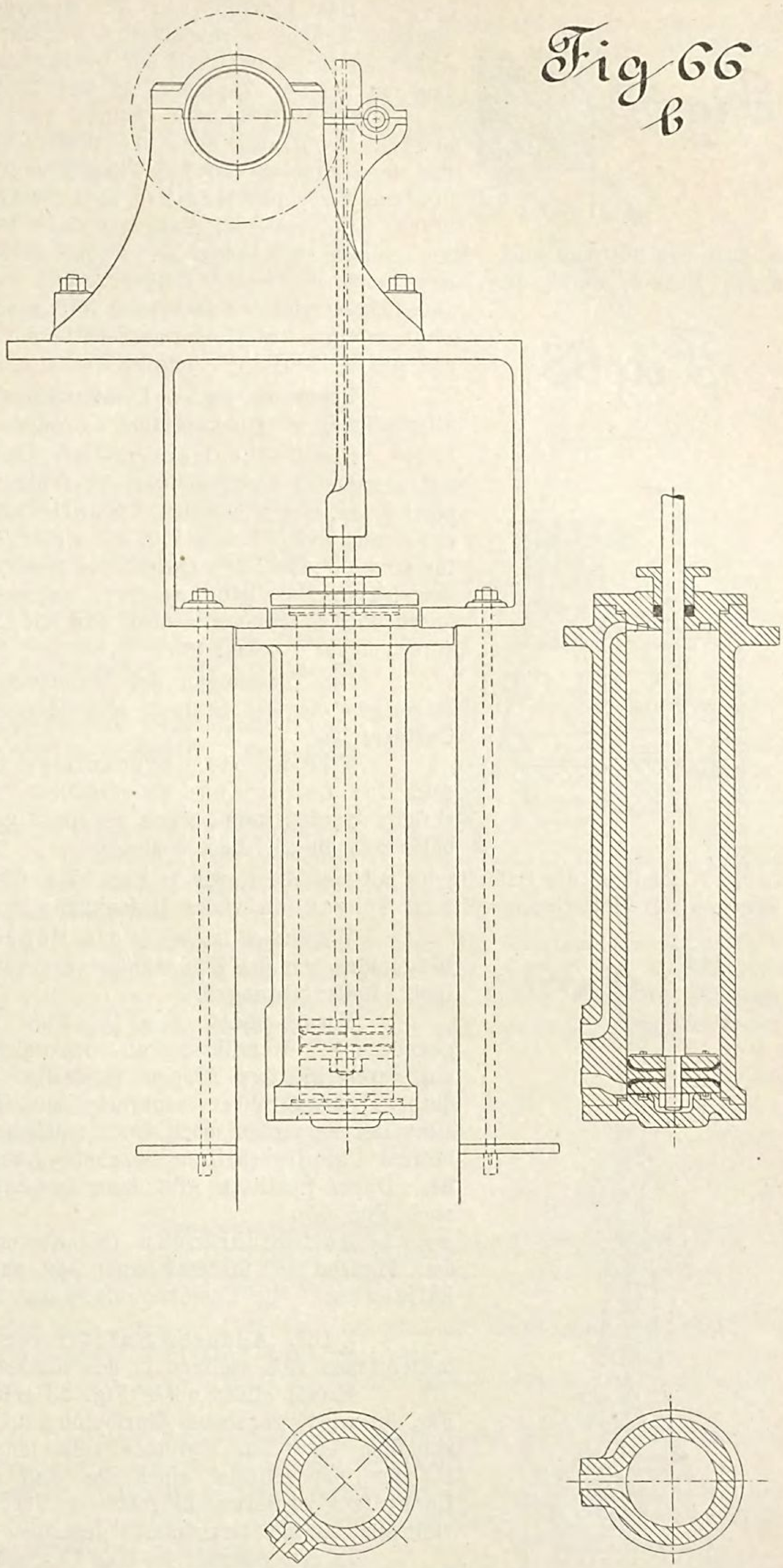
dieser Beziehung die Dimensionen von 110 mm Theilung, 180 mm Breite bei 700 mm Durchmesser des Getriebes als normale für einen Einsatz von 7½ Tonnen.

Diese Abmessungen sind indessen vielfach andere bei neueren Construktionen. Schon der saure Converter auf Taf. XIV zeigt einen Raddurchmesser von 992 mm, 100 mm Theilung und 180 mm Breite; die Zähne erscheinen hier mithin verhältnissmässig schwach.

Der basische Converter auf Taf. XIII zeigt bei einem Raddurchmesser von 1120 mm eine Theilung von 110 mm und eine Zahnbreite von 260 mm; die Theilung entspricht der von Musil angegebenen, während die Breite bedeutend grösser ist.

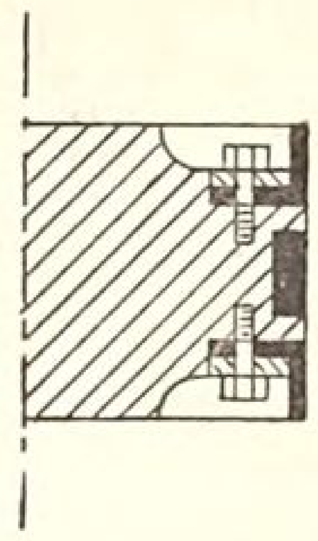
Noch ist zu bemerken, dass sich die Evolventenverzahnung als die beste hinsichtlich der Bearbeitung und auch des Eingriffs bezeichnen lässt.

Der Durchmesser des Getriebes bedingt natürlich die Grösse des Hubes unter der Voraussetzung einer bestimmten Drehung. Man nimmt gewöhnlich an, dass die Drehung ¾ des ganzen Umkreises betragen muss, obwohl eigentlich die Beweglichkeit zwischen der vollkommen aufrechten Stellung, wie sie der Converter während des Blasens hat, und der vollkommen umgekehrten Stellung nach dem Entleeren ausreichen dürfte. Vielfach begnügt man sich nicht mit der ¾-Drehung, sondern richtet sich auf die ganze Umdrehung ein; daraus entstehen Hübe von mehr als 3000 mm (Musil bleibt bei bezw. 1600—2200 für ¾- und ganze Drehung stehen).


Fig 66 b

§ 432. Bezüglich der Dimensionen von Cylinder und Kolben ist von der Grösse des Einsatzes, dem disponiblen hydraulischen Druck und selbstredend auch von dem Getriebedurchmesser auszugehen. Es ist gerathen, die Maximalleistung zuvor aufzusuchen und wird dieselbe wohl für den Moment eintreten, wo der Schwerpunkt des flüssigen Inhalts vom Mittel der Converteraxe am weitesten entfernt ist. Bei der jetzt allgemein üblichen Form des Converterinnern tritt dieser Moment beim Beginn des Aufrichtens des Converters aus der Ruhelage in die des Blasens ein.

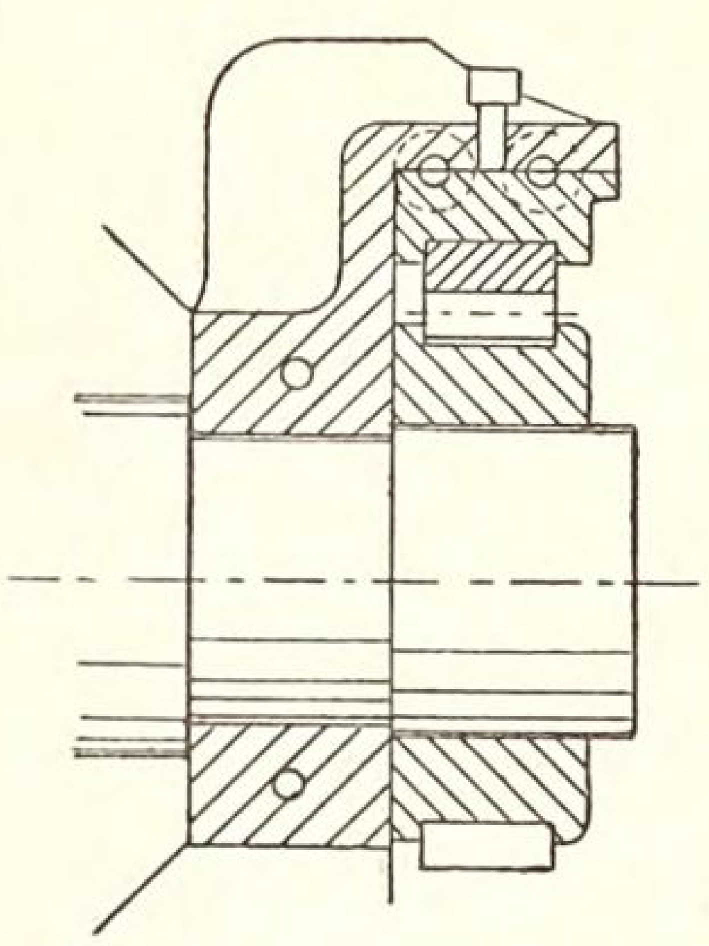
Fig 67



Das Eigengewicht des Apparates kann bei der Ermittelung der direkten Hebung vernachlässigt werden, weil der Schwerpunkt des leeren Apparates meist nahe mit der Drehungsaxe desselben zusammenfällt, kommt dagegen bei der Zapfendruck- und Zapfenreibungsberechnung in Betracht.

Es ist praktisch, keinen zu hohen Wasserdruck in Anschlag zu bringen, wenn auch dann der Wasserconsum etwas grösser werden sollte; für einen Einsatz von $7^1/_2$ Tonnen und einen Raddurchmesser von 600 bis 800 mm berechnet Musil (a. a. O., S. 311) den Kolben- oder Zahndruck auf 20000 Kilo, was bei Annahme einer Pressung von 10 Atmosphären einen Kolben von 500 mm gibt. Man schliesst, wie schon hervorgehoben wurde, den Cylinder oben und unten durch Deckel; durch den oberen geht die runde Kolbenstange, welche hier durch eine Stopfbüchse abgedichtet wird. Manchesmal hilft man sich auch einfacher, wie Taf. XIV zeigt, wo nur eine Ledermanschette mit Hilfe eines Deckels eingesteckt ist und die Kolbenstange umgibt.

Fig 68



Ueber die besten Dichtungsmittel wird weiter unten, S. 448, das allgemein Bewährte mitgetheilt werden.

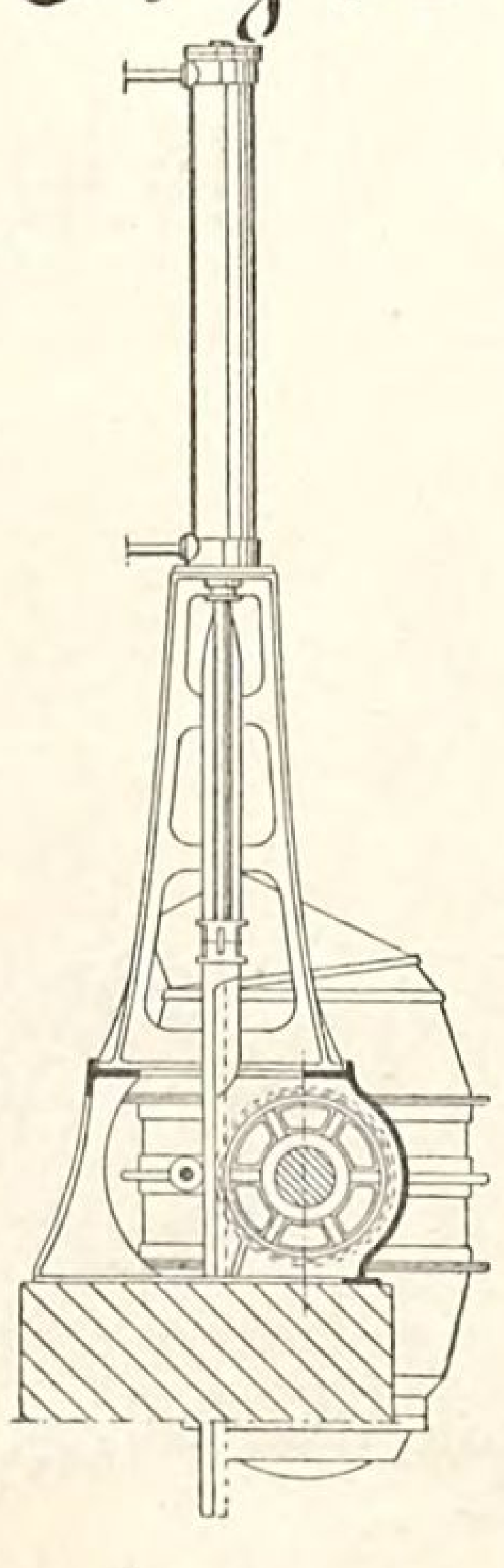
Das Kolbenmaterial ist Stahl oder Gusseisen, meist massiv und mit geeigneter Liderung versehen; unter allen Materialien hat sich Guttapercha am besten bewährt. Musil theilt eine zweckentsprechende Anordnung mit, welche unter Fig. 67 wiedergegeben wird; bei derselben ist noch für eine auf alle Fälle eintretende Reservedichtung durch einen in der Mitte umgelegten Metallring gesorgt, welcher die Kosten der Herstellung nur unerheblich vertheuert, aber für die Sicherheit des Betriebes von entsprechendem Vortheil ist.

Die Liderungen der Wendevorrichtungen auf Taf. XIII und XIV zeigen vorwiegend Stulpen oder Manschetten von Leder, beziehungsweise Guttapercha.

Noch ist die gegenseitige Befestigung der Kolbenstange und der Zahnstange zu erwähnen, welche in verschiedener Weise ausgeführt werden kann, wenn sie nicht ganz ausfällt, wie bei Taf. XIV, wo beide aus einem Stück bestehen.

Sonst ist die Befestigung mittelst Keil, wie in Fig. 65 u. 66 sowie Taf. XIII, die allersicherste, wogegen die Befestigung mittelst Schrauben vieles Bedenkliche hat.

Fig 69



Wichtiger ist noch die Führung, die unentbehrlich ist, um ein Beiseitedrücken der Zahnstange zu verhüten. Man benutzt theils Schlitten-, theils Rollenführungen.

Musil bildet (a. a. O., Fig. 22) die hier unter Fig. 68 wiedergegebene Schlittenführung ab, bei welcher am Zapfenlager des Converters ein durch kräftige Rippen versteifter Arm angegossen ist, in welchem, durch Druckschrauben senkrecht zur Gleitbahn verstellbar, ein Schlitten sitzt, der ausserdem noch durch seitliche Nasen festgehalten und durch mit breiten Unterlegscheiben versehene Längsschrauben an dem Arm befestigt ist. Dieser Schlitten gibt dann der Zahnstange Stütze und Führung (vgl. auch Fig. 65).

Rollenführungen sind ausser auf den Tafeln XIII und XIV in den Figuren 66, 69 etc. angegeben und bedürfen kaum einer besonderen Erläuterung. Die Bessemeranlage auf Taf. XXII zeigt keinerlei Führung.

§ 433. Anderer Aufstellungen verticaler Wendemaschinen bedient man sich vielfach in den amerikanischen Bessemerhütten.

Musil bildet unter Fig. 23 seiner Abhandlung eine solche hier in Fig. 69 wiedergegebene Einrichtung ab, welche ohne Weiteres leicht verständlich ist. Der Cylinder ruht mit dem unteren Flansch auf einem Ständer, der mittelst eines das Rad etc. einschliessenden, kastenartigen Untersatzes wiederum in festester Verbindung mit dem Lagerständer oder vielmehr mit der Grundplatte desselben sich befindet.

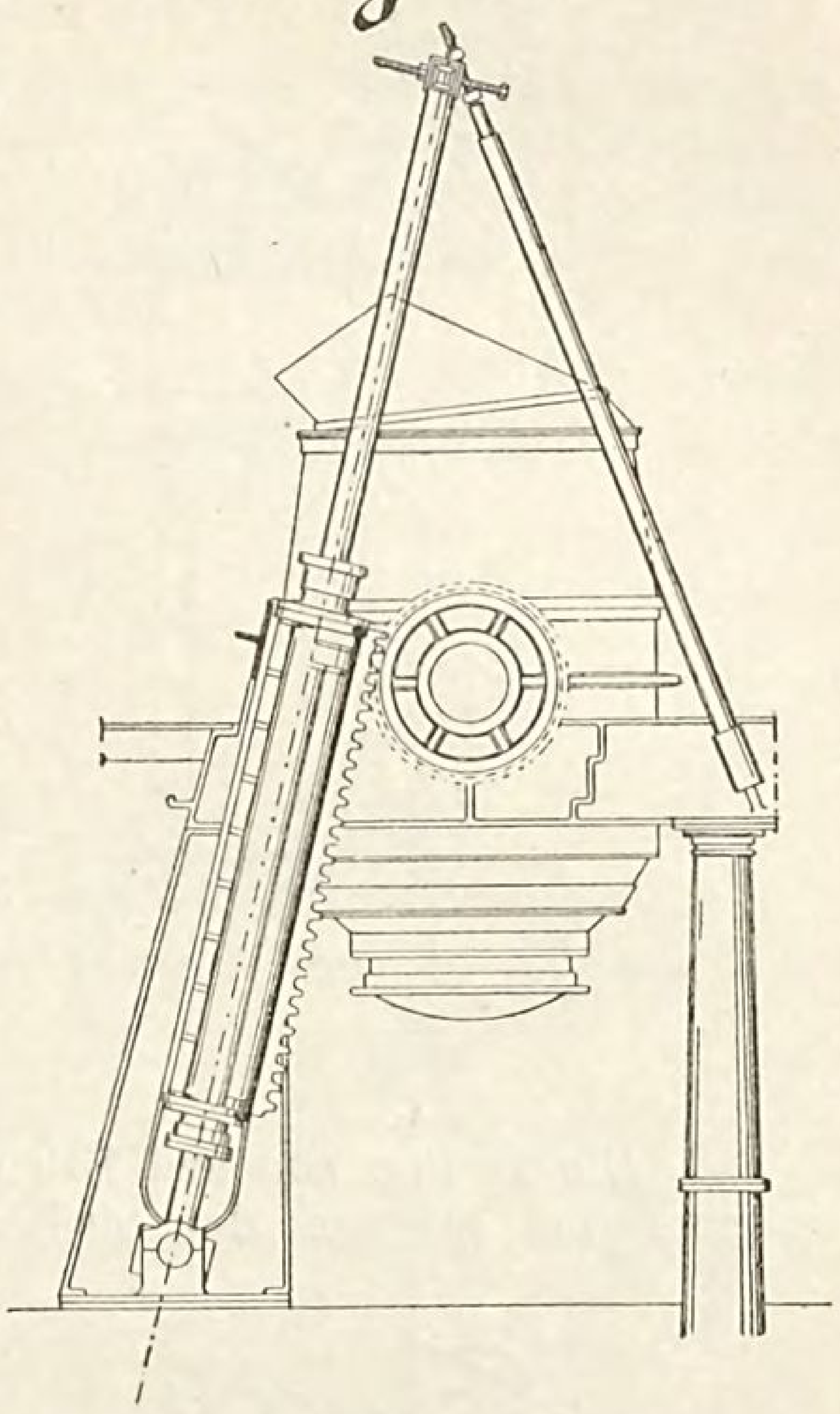
In dem Ständer ist eine Längsführung für den Zahnstangenkopf (wo die Verkeilung mit der Kolbenstange sich befindet) angebracht. Die nothwendige Unterstützung gegen den Seitendruck ist in der Ebene der Converteraxe durch eine im Untersatz des Ständers eingelagerte Rollenführung gegeben.

Alle sonstigen construktiven Einzelheiten sind bei dieser Anordnung in gleicher Weise zu behandeln wie bei der vorher beschriebenen. Man schützt auch hier wie überhaupt die Zahnstange, das Getriebe und die Führung gegen jede Verunreinigung durch Auswürfe von Schlacken und Metall, Staub etc., indem man sie mit Blechumhüllungen umgibt.

Bei der amerikanischen Anlage auf Taf. XXV findet man im Grundriss dergleichen angedeutet; oft ist aber der ganze Mechanismus einschliesslich Ständer etc. in Blechmäntel eingewickelt.

Noch ist einer in Fig. 70 dargestellten eigenthümlichen Wendevorrichtung zu gedenken, welche durch die Ausstellungsberichte über Philadelphia 1876 bekannt geworden ist und sich auf den Edgar Thomson Works in Betrieb befand (cf. Kupelwieser, Bericht über das Eisenhüttenwesen in Philadelphia, Taf. IV, Fig. 1).

Fig 70



Die Wendevorrichtung ist geneigt und unterscheidet sich ausserdem noch durch den Umstand, dass Kolben und Kolbenstange fix sind, während der Cylinder sich längs Beider auf und ab bewegt.

Der Cylinder trägt auf der Aussenseite die Zahnstange und wird durch eine Tförmige Traverse so geführt, dass er sich nicht um die Zahnstange herumdrehen kann.

Die Kolbenstange, welche sich am Unterende in einem Lager aufstützt, wird am Oberende durch eine andere Strebe mit dem gusseisernen Gerüst der Lager des Converters fest verbunden und dadurch die Zahnstange an einem Ausweichen von dem Getriebe verhindert.

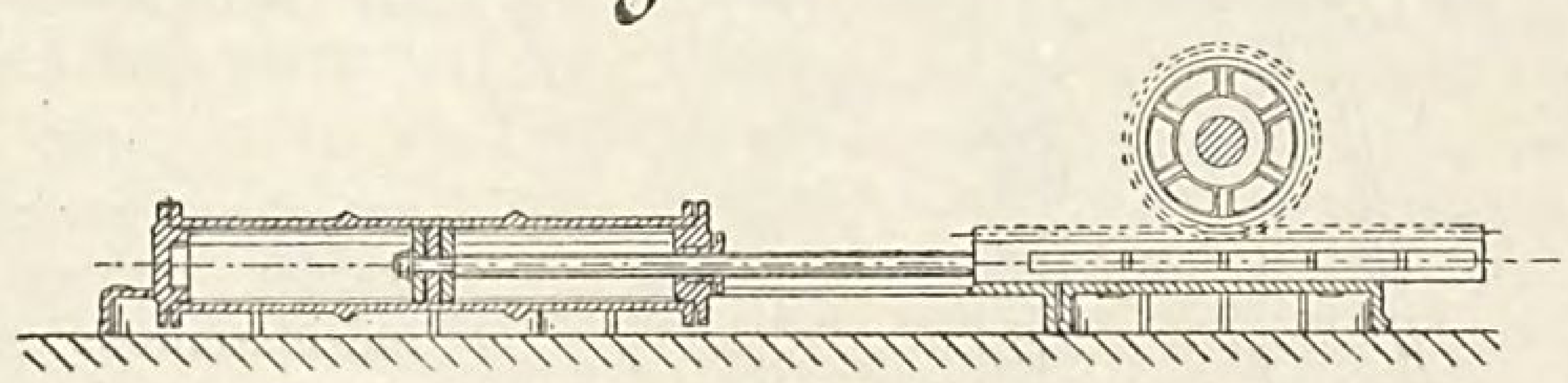
Im Innern ist die Kolbenstange mit den Kanälen zur Vertheilung nach beiden Enden versehen und hat deshalb starke Wände. Durch diese Disposition kommt nur die Ringfläche des Kolbens als Druckfläche zur Wirkung.

Wenn die beiden zuletzt angeführten Constructionen entsprechend solid sein sollen, so müssen die eisernen Lagergerüste sehr stark und sicher gebaut sein.

§ 434. Bezüglich der horizontalen oder liegenden Converterwendemaschinen ist zu bemerken, dass dieselben entweder direkt oder durch Vermittelung eines Zwischenrades in das auf der Converteraxe sitzende Rad eingreifen.

Im ersteren Fall gibt es zwei Anordnungen: eine, bei welcher die Maschine auf die Hüttensohle kommt, also ziemlich tief liegt und durch ein grosses Rad einen sehr grossen Hub erhält; eine andere, bei welcher die Maschine höher liegt, das Rad in Folge dessen kleiner, der Hub ebenfalls geringer ist. Bei jener Anordnung hat man einen schwerfälligen Bau und eine langgestreckte Grundfläche, während man bei dieser eines besonderen Unterbaues bedarf, der sich dann an den Unterbau für den Drehzapfen des Converters anschliesst und sowohl gemauert als aus Eisenconstruktionen errichtet sein kann, um unter dem Converter eine freie Durchfahrt zu erzielen.

Fig 71



Im zweiten allgemeinen Fall, dem der Maschinen mit doppelter Uebersetzung, welche für die Aufstellung in oder unter dem Hüttenniveau bestimmt ist, erzielt man kürzeren Hub und, bei gleicher Kolbengeschwindigkeit, ein rascheres Wenden; der Preis der Einrichtung wird aber erheblich grösser.

Die Maschinen mit einfacher Uebersetzung werden durch die umstehenden Skizzen verdeutlicht (Musil, Fig. 25).

Wie Fig. 71 zeigt, sitzt das Getriebe zweckmässig am freitragenden Ende der Converteraxe, um es ohne Ausheben des Converters herauslösen und abnehmen zu können.

Der Converterlagerständer ist in vollkommen starre Verbindung mit dem Fundamentrahmen der Wendemaschine zu bringen, was durch Daraufstellen oder durch Verbindung des Fundamentrahmens mit der Grundplatte des Converterlagerständers geschieht.

Zahnstange und Getriebe sind bei liegenden Wendemaschinen häufiger aus Gusseisen construirt, was wohl daran liegt, dass die noch vorhandenen liegenden Maschinen von älterer Bauart sind. Dann wird die Zahnstange mit kräftigem +- oder Iförmigem Querschnitt gegossen, und man verstärkt die

Zähne sowohl bei der Stange als bei dem Getriebe noch durch Flanschen, die bis zur halben Zahnhöhe reichen und einander nahezu berühren. — Details der Führungen und Uebersetzungen geben die Figuren 72, 73a und 73b, welche den Mittheilungen von Musil entnommen sind.

Fig. 72

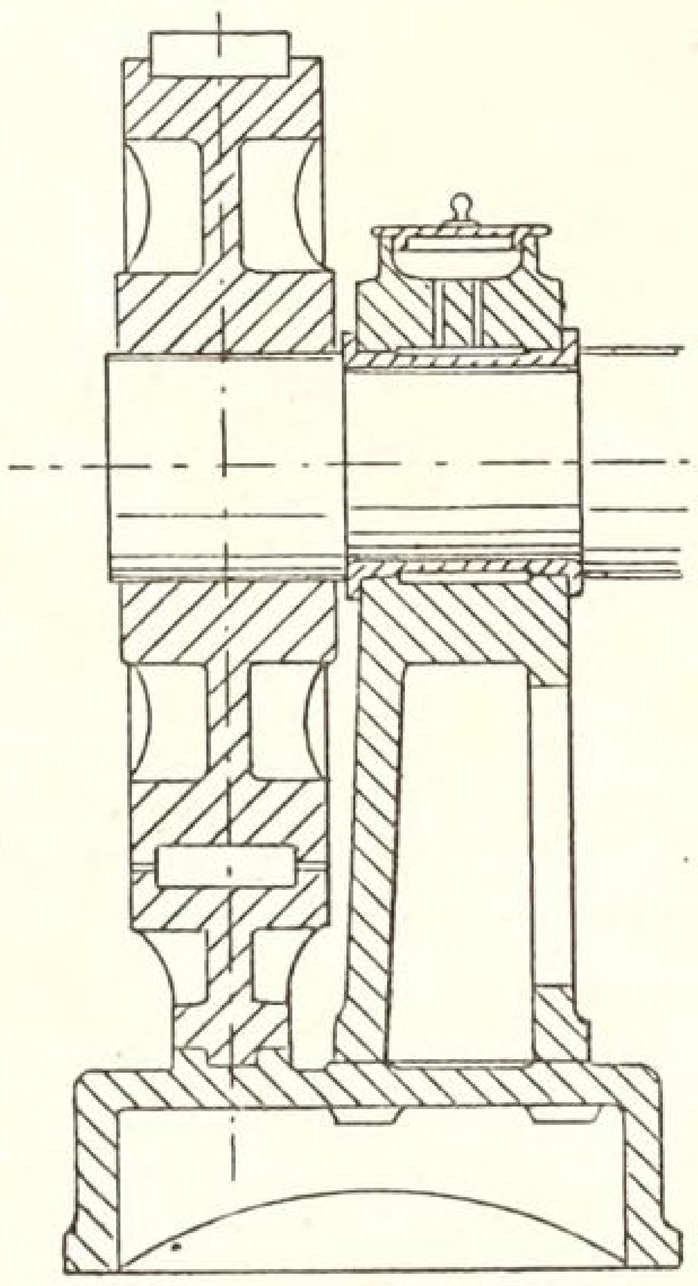
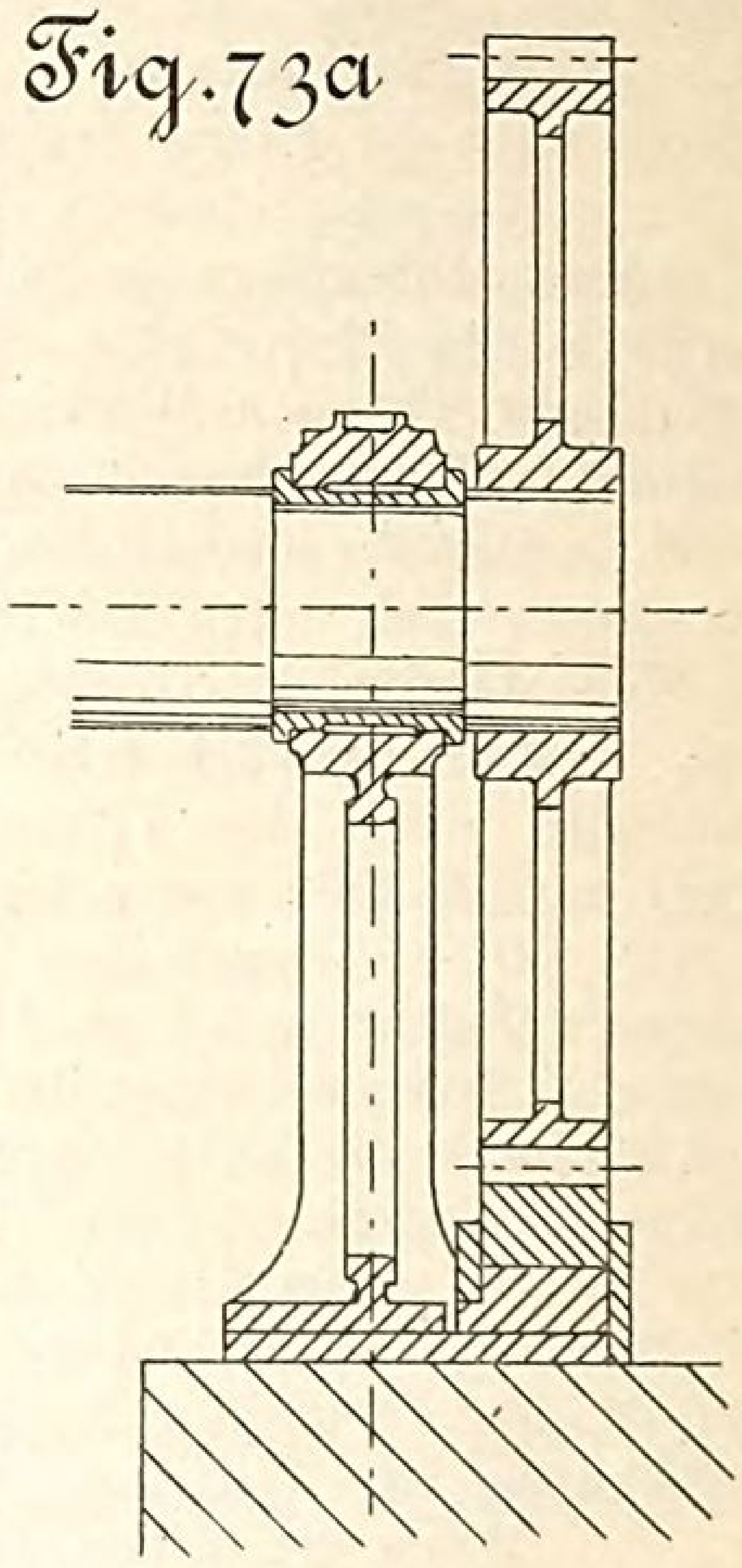


Fig. 73a



Figur 72 zeigt eine Uebersetzung auf ein relativ kleines Getriebe, also mit kurzem Hub der Maschine; das Getriebe hängt auf dem freistehenden Ende der Converteraxe ausserhalb des kräftig construirten Ständers derselben. Oftmals ist aber, z. B. bei der Convertereinrichtung auf Taf. XI, eine Kuppelung vorgesehen, welche die Anlage eines zweiten Ständers auf besonderer oder angeschlossener Sohlplatte bedingt, ausserhalb dessen alsdann das Getriebe aufgezogen ist.

Die kräftige Zahnstange wird mittelst eines federartigen Vorsprunges auf der Unterfläche in einer Nuth der Sohlplatte geführt; eine Führung oder Arretirung nach oben ist überflüssig, da schon das Eigengewicht der Zahnstange nach der Richtung wirksam ist.

Die in Fig. 73a und 73b dargestellte Uebertragung und Führung ist eine von grossem Hub und arbeitet mit ziemlich schlanken Constructionen von Rad und Ständer. Die Zahnstange, von ganz massivem viereckigen Querschnitt, gleitet mit der Unterfläche auf einer besonderen, auf der Unterlageplatte des Ganzen aufgeschraubten Schiene oder Leiste. An deren Seiten sind die in Fig. 73b speciell ersichtlichen Führungsplatten angeschraubt, die das seitliche Ausweichen verhindern sollen. Es ist zu bemerken, dass dieses letzte Beispiel von Uebertragung und Führung zu einem leichten Converter gehört.

Fig. 73b

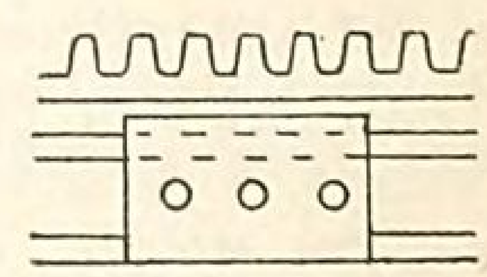
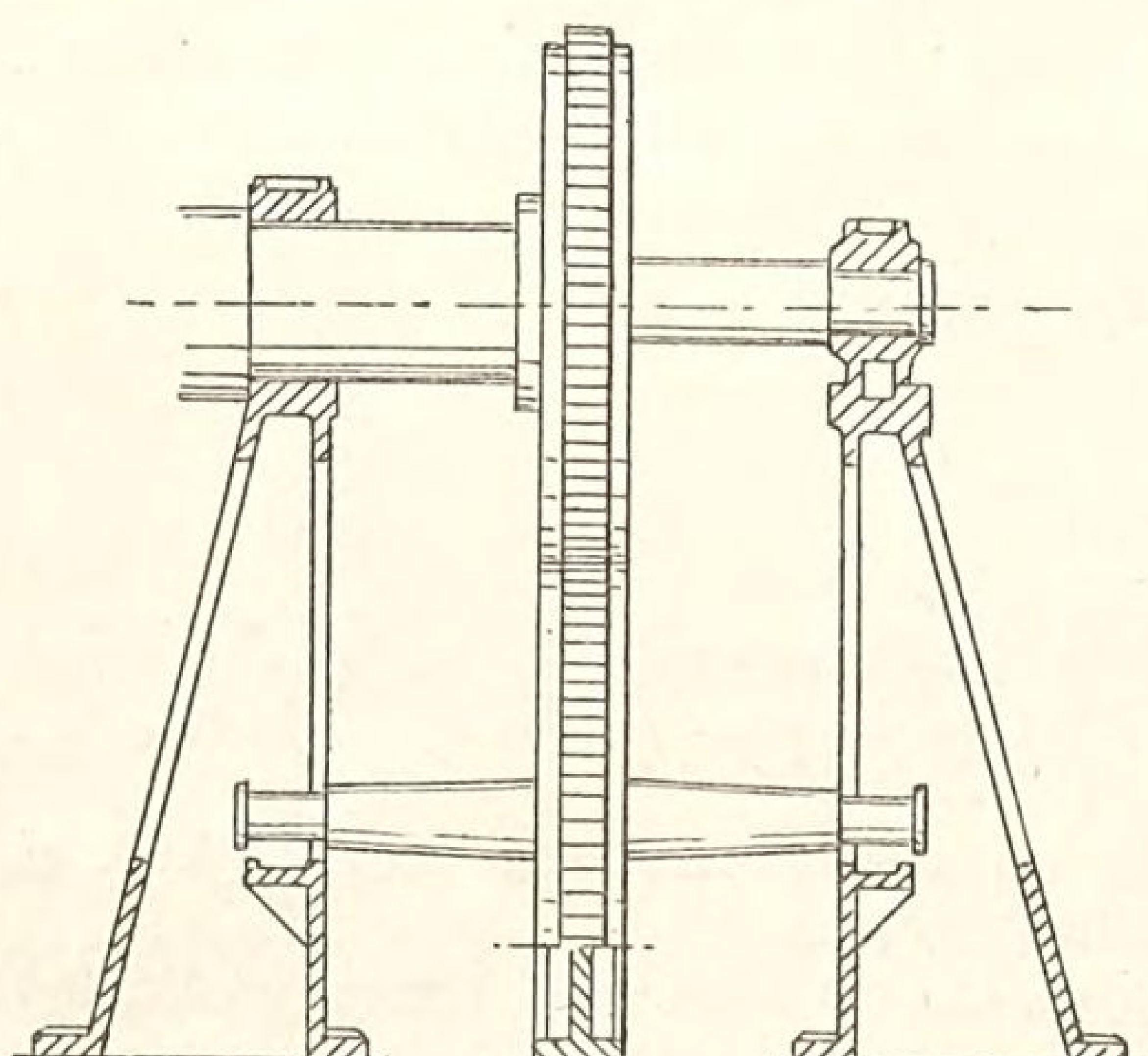


Fig 74



§ 435. Sobald lokale Verhältnisse die Entfernung zwischen Converteraxe und Axe des Wendecylinders so gross werden lassen, dass eine einfache Uebersetzung zu unverhältnissmässig grossen Rad- und Maschinendimensionen führen würde, ist im Fall der Beibehaltung einer liegenden Construktion überhaupt ein Zwischenrad einzuschalten. Dies bedingt die Aufstellung von einem zweiten oder einem zweiten und dritten Lagerständer, je nachdem man den einen Zapfen des Zwischenrades im Converterlagerständer auflagert oder nicht.

Die Räder sind gewöhnlich gleich gross, wie in Fig. 74, welche Construktion man mit Musil übrigens nicht gerade als Muster bezeichnen kann.

Was die sonstige Ausführung der horizontalen Wendemaschinen anlangt, so unterscheidet sich dieselbe nur unwesentlich von der der stehenden Maschinen.

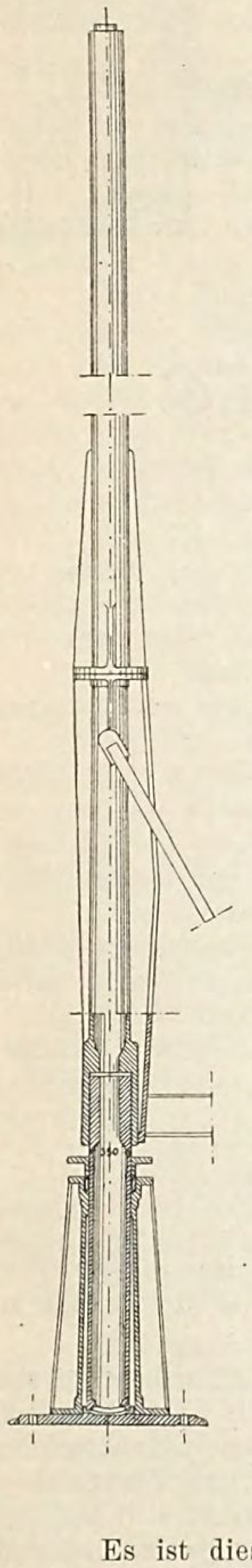
Auch der Wasserconsum beider Maschinen steht ziemlich auf gleicher Höhe; in einem Fall hat man kleine Kolbenfläche und grossen Hub, im anderen grössere Kolbenfläche und kleineren Hub.

C. Von der Einrichtung der Giesskrahne und Giesswagen.

§ 436. Wie für das Wenden der mit flüssigem Eisen oder Stahl gefüllten Frischgefässe, erschien auch für das Heben und Manipuliren der ausgegossenen Ladung die Anwendung des hydraulischen Uebertragungsprincips bereits dem Erfinder des Bessemerprocesses als die einzige mögliche Lösung der gestellten Aufgabe.

Man gelangte erst dann zu Aussichten einer Massenproduktion, als man durch die Anwendung hydraulischer Krahne auch dem Guss der Blöcke die gleichen Bequemlichkeiten gab wie der Bewegung der Converter.

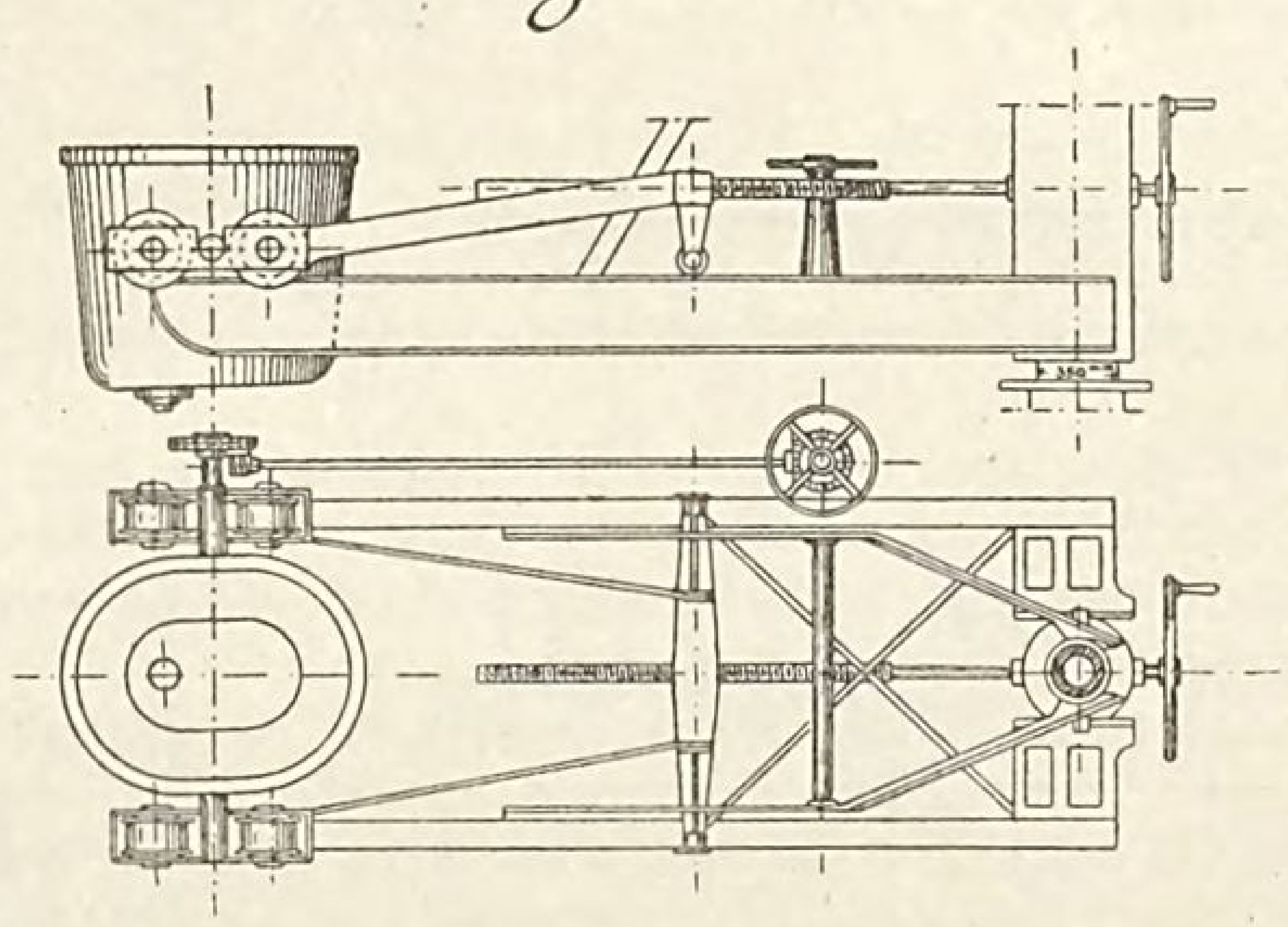
Fig. 75a



Zunächst entstand der Giesspfannenkrahn, auch Stahlkrahn genannt, dem sich später noch andere, aus dem Vorhandensein des Accumulatorenbetriebes hervorgehende hydraulische Hebevorrichtungen, in erster Reihe die Ingotkrahne, anschlossen. Später kamen noch Roheisenkrahne für Hochofenabstiche und Aufzüge für die Bedienung der Cupolöfen zur Ausführung.

Die Construktion aller dieser Vorrichtungen beruht heute nur noch auf der Benutzung von „Taucherkolben" oder „Plunger", da die früher zeitweilig ausgeführten sonstigen Kolbenconstruktionen wegen der Schwierigkeiten der Liderung und des Dichthaltens verlassen worden sind. Die hydraulischen Krahne und Hebevorrichtungen sind durchweg einfach wirkend; durch den Wasserdruck wird das Heben besorgt, während das Eigengewicht der Construktion das Sinken bedingt. Das Druckwasser gelangt wie bei den Wendevorrichtungen vom Steuertisch aus durch eine meist unter der Hüttensohle liegende Rohrleitung in die betreffende Hebevorrichtung und fliesst nach seiner Benutzung durch einen zweiten Strang, der dem ersteren meist parallel liegt, wieder ab (siehe die Beschreibung des Steuertisches etc. sub E.). Der Schwerpunkt der hydraulischen Krahnconstruktionen überhaupt liegt in der Führung des Plungers, welche Beziehung vier getrennte Anordnungen zulässt.

Fig. 75b



Musil unterscheidet sie in folgender Reihe:

1. Der Plunger, ein einfacher Cylinder, ist nur oben in der Stopfbüchse und einem längeren ausgebohrten Theil des Cylinders geführt. Es ist dies die älteste englische Construktion, wie sie auf Taf. XVII und Taf. XVIII in einer deutschen Ausführung wiedergegeben ist. Das Druckwasser wirkt hierbei auf die volle Kreisfläche des unten durch ein Scheibenstück verschlossenen Plungers. Der obere führende Theil des Cylinders ist abgetrennt hergestellt, weil daran noch verschiedene Auflagerflanschen sowie Stopfbüchsentheile angegossen sind. Taf. XVII stellt einen Ingot- oder Aushebekrahn vor, während Taf. XVIII den Giesskrahn wiedergibt.

2. Der Plunger, ebenfalls einfach cylindrisch, ist nach oben durch ein Rohr verlängert und wird an sich selbst in der Stopfbüchse des Treibcylinders, an seiner Verlängerung aber in einem Support geführt, welcher in geeigneter Weise mit dem Dachstuhl verbunden oder auf einem Träger gelagert ist. Auslader und Plungerrohr sind miteinander ebenfalls fest verbunden, und der erstere dreht sich mit letzterem in der Stopfbüchse des Treibcylinders. Das Ende des Plungerrohres, soweit es sich in dem Support bewegt, muss auf eine entsprechende Länge abgedreht sein.

Es ist dies die aus den Publicationen von Holley u. A. bekannte amerikanische Construktion und ist auf Taf. XXV deutlich zu erkennen. Auch die Entkieselungsanlage auf Taf. X zeigt einen derartigen Giesskrahn. Eine Detailskizze ist nach Musil u. A. in Fig. 75a und 75b gegeben, auf die noch zurückzukommen sein wird.

3. Der Plunger ist in einer der Hubhöhe entsprechenden Länge abgesetzt, besteht somit aus zwei Cylindern, von welchen der obere einen grösseren, der untere einen kleineren Durchmesser hat. Der so gestaltete Plungerkörper wird sowohl oben als auch unten durch Stopfbüchsen geführt, so dass beide Plungerenden ausserhalb der Stopfbüchsen liegen.

Der Auslader hängt entweder wie bei dem Modus 1. mit einer Haube auf dem konischen Kopf des Plungers und ist dann ohne letzteren drehbar, oder er wird in feste Verbindung damit gebracht.

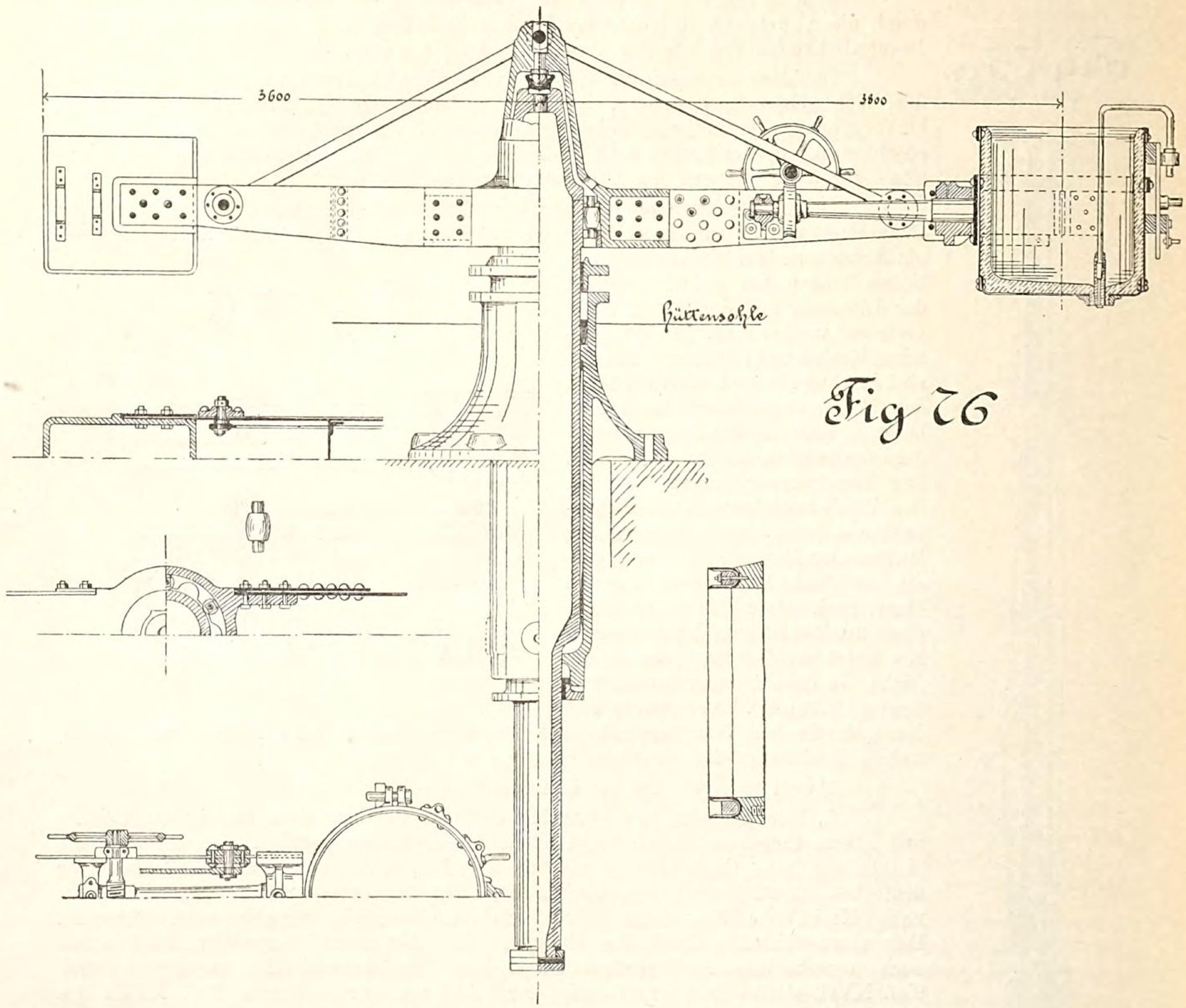


Fig. 76

Die Fig. 76 gibt nach Riedler (Reiseaufnahmen, Blatt 65) die Darstellung eines solchen Giesspfannenkrahns von Praevali; diese ebenfalls ursprünglich englische Anordnung ist in Oesterreich und Deutschland vielfach adoptirt.

4. Der Plunger ist fest und am Unterende durch eine Fussplatte mit dem Fundament, oben dagegen durch Zugstangen mit der Hüttenmauer verankert. Er stellt eine ebenfalls abgesetzte Form dar wie bei 3., doch mit dem Unterschied, dass der schwächere Theil nicht wie dort unten, sondern oben ist. Der bewegliche Cylinder führt sich auf der Plungerconstruktion durch zwei Stopfbüchsen, eine weite und eine enge. Der Auslader ist mit dem Cylinder fest verbunden und dreht sich mit demselben um den Plunger. Wie bei 3. ist wiederum die Ringfläche wirksam, doch muss im Gegensatz auch zu den übrigen Anordnungen das Druckwasser durch die Plungersäule zugeführt werden. Diese auf Taf. XIX dargestellte Krahnconstruktion ist u. A. von R. Daelen für das Stahlwerk Hösch-Dortmund ausgeführt worden.

§ 437. Die eben angeführten vier Anordnungen trennen sich zunächst in zwei Gruppen:

Krahne, welche nur mit dem Fundament verankert sind, und

Krahne, welche sowohl mit dem Fundament als mit dem Dachstuhl in fester Verbindung sich befinden.

Die zur erstgenannten Gruppe gehörigen Krahnsysteme 1. und 3. können vermöge ihrer niedrigen Bauart in jeder Hütte mit oder ohne Laufkrahn verwendet werden, während die Systeme 2. und 4. nur dann anwendbar erscheinen, wenn den Hebekrahnen auch die Arbeiten an den Convertern und an dem Giesskrahn selbst zugemuthet werden können.

Unter den gegenseitigen Vorzügen und Nachtheilen ist besonders Folgendes hervorzuheben etc.:

Die Anordnung 3. mit abgesetztem Plunger hat den Vorzug, dass der Plunger an zwei weiter auseinanderliegenden Punkten, also rationeller gehalten wird, als es bei dem Typus 1. möglich ist. Der Druck in den Stopfbüchsen und deren Abnutzung dürften deshalb nicht so bedeutend sein als bei einseitiger Führung. Dann liegt in der Construktion 3. eine bequeme „Sicherheit gegen das zu hoch heben“ und gegen das „aus der Führung gerathen des Plungers“.

Man bringt zwischen der Verschlussscheibe des Plungerendes und dem letzteren eine Kautschukscheibe an, die nach oben mit einem umgelegten schmiedeeisernen Ring geschützt ist. (Vgl. Fig. 76, wo die Kautschukscheibe voll schwarz angedeutet ist.)

Bei den Krahnen des Systems 1. muss, um einen gleichen Vortheil zu erreichen, auf der Plungerfläche ein Detail angebracht sein, mit welchem der Plunger bei der Aufwärtsbewegung sich an der vorspringenden Kante des führenden oberen Cylinderstückes fangen kann.

Diese Einrichtung erfordert aber den Verschluss des Cylinders mit einem Deckel am unteren Ende, um den Plunger einbringen zu können.

Die beste Regulirung aber, welche überhaupt stets vorhanden sein sollte, besteht in einem Abschliessen des Wasserzuflusses durch Anstossen des Krahns selbst an irgend einen ein Ventil regierenden Hebel. (Vgl. Daelen, Glaser's Annalen VII, S. 240, woselbst für alle Hebevorrichtungen hydraulischer Natur, namentlich aber für die Aufzüge etc., ein selbstthätiger Verschluss als die beste Hubbegrenzung zur Vermeidung aller Unfälle empfohlen wird.)

Ein Nachtheil des Systems mit abgesetztem Plunger ist der höhere Kostenpreis, da eine Fläche von nahezu doppelter Länge abgedreht werden muss. Auch ist es misslich, einen so langen Plunger stehend aus einem Stück zu giessen, weil der Druck des Eisens in den untersten Partieen schon ein sehr bedeutender ist.

Man macht den Plunger daher vielfach zweitheilig und verbindet beide Theile mit einem Flanschen und einem Stutzen, die am unteren schlankeren Stück sitzen.

Bei der Anordnung 2., die in den amerikanischen Werken sehr verbreitet ist, wird der Druck auf die Cylinderstopfbüchse einerseits und auf die Supportführung andererseits verhältnissmässig gering sein und der Krahn leicht drehbar sich zeigen, da das Verhältniss der ganzen Constructionshöhe zur Ausladung ein möglichst günstiges ist; selbst die Rollenführungen und ähnliche Hilfsmittel werden durch diese Vorzüge und die doppelte Führung entbehrlich.

Ein Vortheil der Anordnung 4. ist die Ersparniss an Betriebswasser, da wegen des auf kleinerem Durchmesser abgesetzten Plungers nur eine dem wirklich zu hebenden Totalgewicht entsprechende Druckfläche zur Wirkung gelangt.

Nach Musil hat aber die Anordnung den Nachtheil, dass der Druck in den die Führung bildenden Stopfbüchsen sehr bedeutend sein wird, und dass die letzteren deshalb einer raschen Abnutzung unterliegen dürften. Ferner findet Musil die Anordnung durchaus nicht hübsch; doch, de gustibus non est disputandum!

§ 438. Im Anschluss an diese Charakteristik der einzelnen Systeme mögen hier noch Betrachtungen über die Wirkungsweise der hydraulischen Hebevorrichtungen im Allgemeinen Platz greifen. (Musil, a. a. O., S. 278.)

Es zeigt sich zunächst ein grosses Missverhältniss zwischen Kraftaufwand und nutzbar gehobener Last.

Einerseits ist das Eigengewicht der mit zu hebenden Constructionstheile stets ein relativ sehr bedeutendes und es tritt dies besonders bei den Krahnen am auffälligsten hervor, wo man jenes Eigengewicht auf das 1 bis 1,5fache der Maximallast veranschlagen kann (je nach der Wahl des Systems) und damit einer Arbeitsverschwendung gegenübersteht.

Andrerseits muss der Plunger stets unter Rücksicht auf seine relative Festigkeit (gegen Umknicken) berechnet und dimensionirt werden, niemals lediglich nach dem Verhältniss der Last zum disponiblen Druck.

Das eine Mal, im ältesten englischen Typus 1. (siehe § 436), hat man die volle Kreisfläche gegeben und wählt nun den Druck pro Flächeneinheit nach Maassgabe der Kreisfläche, welche natürlich auch den Wasserverbrauch feststellt, ganz unabhängig von der jedesmaligen Leistung.

Ist der allgemein vorhandene Accumulatorendruck aber grösser als der aus der vollen Kolbenfläche und der Maximallast sich ergebende nothwendige, weil anderweitige, enger dimensionirte hydraulische Vorrichtungen des Werkes dies verlangen, so muss der überschüssige Druck durch Drosselung mittelst der Zulassventile vernichtet werden. Man dreht eben nur soweit auf, dass die Hebung etc. mit einer zulässigen Geschwindigkeit vor sich geht.

In der genannten Hinsicht erscheinen alle Anordnungen mit abgesetztem Plunger vernünftiger, da man durch entsprechende Wahl des kleineren Plungerdurchmessers die ringförmige Druckfläche beliebig gross construiren kann, ohne der durch den grösseren Durchmesser wesentlich bedingten relativen Festigkeit Abbruch zu thun. Das Rationellste für den Wirkungsgrad der Maschinen würde eine Ausbalancirung des todten, stets gleichbleibenden Eigengewichts der bewegten Krahntheile sein, soweit es mit Rücksicht auf Stopfbüchsenreibung etc. zulässig ist.

Musil erwähnt in dieser Hinsicht die Vorschläge, welche auf Einführung eines Rohrs in das Innere des Plungers basiren, durch welches Rohr der gedachte Innenraum direkt mit dem Accumulator in Verbindung ist, während der ringförmige Aussenraum in gewöhnlicher Weise durch die Steuerungsvorrichtungen mit der Druckwasserleitung in Verbindung sich befindet.

Das in das Innere des Plungers ragende Rohr ist so zu bemessen, dass der durch dasselbe dem Plunger gegebene Auftrieb gerade dem Eigengewicht entspricht oder demselben sich möglichst nähert, sodass der äussere Druck nur die Last zu heben und die sonstigen Widerstände zu überwinden hat.

Leider sind derartige, theoretisch ganz richtige Construktionen für die Praxis nicht einfach genug, und daher zu theuer, geben auch wegen der doppelten Röhrenstränge und der versteckten Stopfbüchsenconstruktion zu häufigen Betriebsstörungen Veranlassung.

§ 439. Die Construktion des Plungers bietet wesentlich folgende Momente: Der Durchmesser des Plungers richtet sich nach der Grösse der Belastung und dem vorhandenen Wasserdruck. Die von Musil gemachten Angaben sind indessen zu gering und in neueren Ausführungen wesentlich übertroffen. Auch die Wahl eines der verschiedenen Systeme ist von verschiedenem Einfluss; ein Plunger des Systems 1., bei welchem die ganze Kreisfläche gedrückt wird, kann bei gleichem Wasserdruck und gleicher Last schwächer sein als der stärkere Theil eines abgesetzten Plungers nach 3. oder 4.

Die doppeltgeführten, sehr steifen amerikanischen Krahne, System 2., dürfen geringere Dimensionen haben, falls der Wasserdruck im rechten Verhältniss zur Bodenfläche steht.

Die hier angezogenen praktischen Beispiele ergaben

für Typus 1. (Tafel XVIII)	640 mm
„ „ 2. (Textfigur 75, S. 445)	350 „
„ „ 3. („ 76, S. 446)	600 „
„ „ 4. (Tafel XIX)	610 „

äusseren Durchmesser der Plunger.

Die Fleischdicke ist nach Musil durchschnittlich 50—60 mm gross; bei den hier gegebenen Ausführungen beträgt sie

für Typus 1. (Tafel XVIII)	45 mm
„ „ 2. (Textfigur 75, S. 445)	30 „
„ „ 3. („ 76, S. 446)	50 „
„ „ 4. (Tafel XIX)	55 „

Die abgesetzten Krahne erhalten in dem dünneren Theil des Plungers bei entsprechend gemindertem Aussendurchmesser stärkere Wanddicken als die starken Theile.

Die Cylinder anbetreffend, so ist im Allgemeinen eine glatte, abgerundete Mantelform, wie z. B. bei dem Krahn Fig. 76, besser als die mit Rippen ausgeführte Verstärkung der amerikanischen Krahne Fig. 75.

Die Fleischdicke nimmt man durchschnittlich gleich der des Plungers, obwohl die Inanspruchnahme eine etwas andere, für Gusseisen ungünstige ist.

§ 440. Ausserordentlich wichtig ist die Dichtung des Plungers, welche sowohl wirksam als auch dauerhaft sein soll; diese letzte Eigenschaft bedingt wiederum den Vortheil geringer Reibung der zu verdichtenden Flächen, denn ohne dieses ginge sie bald zu Grunde.

Am gebräuchlichsten sind, wie bei allen hydraulischen Krahnen, Hanf- oder Manschettendichtungen, letztere aus Leder, Kautschuk oder Guttapercha. Bei den Giesskrahnen speciell zieht man des grösseren Plungerdurchmessers wegen die Hanfliderungen vor, weil sie bedeutend billiger sind.

Dieselben müssen aber sehr gleichmässig geflochten werden, wenn sie genügend dichthalten sollen, und unterliegen im Fall nachlässiger Anfertigung einem bedeutend grösseren Verschleiss als die sonstigen Dichtungen. Ein Vortheil derselben ist dagegen die Bequemlichkeit des Einbringens, da nur der Stopfbüchsendeckel, die Brille, abgehoben, nicht der ganze Plunger herausgenommen zu werden braucht.

Die Hanfzöpfe müssen vierkantig und hart geflochten sowie vor ihrem Einbringen in warmes Wasser eingetaucht und dann gut mit flüssigem Talg getränkt worden sein. Die Construktion einer Hanfdichtung für hydraulische Krahne ist die gewöhnliche einer jeden Stopfbüchse.

Als Material für Manschetten bewährt sich Guttapercha wegen der Haltbarkeit am besten. Man macht die Manschetten ca. 80 mm hoch, 50 mm breit und gibt ihnen eine Dicke von 6—10 mm.

Bei dem Krahn Fig. 76 ist in der Figur rechts vom Plungerlängsschnitt das Detail einer Vorrichtung angegeben, welche das Einbringen und Ausheben der Manschettenliderung, die hier mit einer als Reserve angeordneten Hanfdichtung combinirt ist, wesentlich erleichtert.

Die Manschette ist an einen konischen Metallring geschraubt (oberes Profil), in dem auf der Aussenseite 3—4 Schraubenlöcher vorgesehen sind; will man die Manschette ausheben, so schraubt man nach Entfernung der Hanfliderung 3—4 Bolzen mit Handgriffen in die Löcher des Ringes und hebt Ring und Manschette ohne Entfernung des Plungers heraus.

Hat man lediglich Manschettenliderung, so bringt man dieselbe in einer Art Stopfbüchse ein und hält sie durch einen Deckel nieder, wie dies sowohl in Fig. 75 als auch auf Taf. XIX (obere Dichtung) angedeutet ist.

Die Manschette des amerikanischen Krahns Fig. 75 wird von Musil auch als beim Krahntypus 4. angewandt vorausgesetzt; die Darstellung auf Taf. XIX hat aber an der dicken Hälfte des Plungers Hanfliderung und nur an der oberen Stopfbüchse eine rechtwinkelig gebogene oder gefaltete Manschette, welche in einfachster Weise mit einem Deckel festgedrückt ist.

Das Anbringen der Manschette in einer ringförmigen Vertiefung der Cylinderwand ist von Musil als verwerflich bezeichnet, weil das Einlegen sehr schwierig und umständlich ist und nie ohne Verderben der Manschette vor sich geht.

Nach den Versuchen von Musil ist bei Berechnung des Kolbendruckes ein Reibungsdruck von durchschnittlich

$8{,}5/_{00}$ für die Anwendung von Manschettenliderung,
$3{,}5/_{00}$ „ „ „ „ Hanfstopfbüchsen

zu der Gesammtbelastung, d. h. Belastung und Eigengewicht, zuzuschlagen.

§ 441. Ein weiteres wesentliches Construktionsdetail der Giesskrahne, d. h. der hydraulischen Krahne überhaupt, ist die Verbindung des Treibkolbens mit dem Auslader oder Krahnarm.

Man benutzt in dieser Hinsicht zweierlei Anordnungen:

1. Feste Verbindung des Ausladers mit dem Plunger;
2. Aufhängen des Ausladers durch Zapfen und Spur am oberen Ende des Plungers durch eine Art Haube mit Rollenführung etc.

Die erste Anordnung wird allgemein bei dem amerikanischen Typus Fig. 75 vorgefunden, wo die Träger des Ausladers an zwei am Plunger angegossene Schuhe angeschraubt sind, welche durch geeignete Verrippungen mit dem Plungerfortsatz eine gesteigerte Haltbarkeit erhalten.

Bei der zweiten Anordnung erhält die Haube (Fig. 76) angegossene kräftige Lappen oder gar einen ganzen kastenartigen Ansatz (Taf. XVIII), an dem die Trägerbleche angeschraubt sich finden.

Während die Blockkrahne und auch der amerikanische Giesskrahn gewöhnlich nur einseitige Ausleger haben, erhält der freistehende Giess- oder Stahlkrahn mit Haube einen nach beiden Seiten sich erstreckenden Ausleger, der an einer Seite die Giesspfanne, an der anderen ein Gegengewicht trägt.

Der amerikanische Krahn Fig. 75 und auch der Krahntypus 4. (mit unwesentlich nach rückwärts verlängertem Ausleger) werden deshalb auch mit Zugstangen ausgerüstet, welche vom Krahnstamm, bezw. dem oberen Ende des sich drehenden Theils nach dem Auslegerende unter dem Pfannenzapfen reichen und die relative Inanspruchnahme des Auslegers verringern.

Bei den freistehenden Krahnen und auch bei dem Krahntypus 4. (Taf. XIX) muss die Haube, im zweiten Fall der als Haube anzusehende cylindrische Mantel des Treibcylinders durch Rollen oder Kugeln auf dem Plungerhals geführt werden, um die Beweglichkeit zu steigern.

Auf Taf. XVIII ist in Fig. 1 ein Durchschnitt durch die Haube gegeben, welcher die Befestigung der Rollen auf einer ringförmigen, am unteren Haubenrand angeschraubten Platte erkennen lässt.

Nach Lösung der Schrauben kann man diese Platte bis auf das zur Krahndrehung benutzte halbe Getriebe auf dem Plunger heruntergleiten lassen, um die Rollen zu reinigen und zu schmieren.

Die Ausführung der Rollen muss eine äusserst sorgfältige sein, besonders wenn sie mit vollkommen cylindrischen Flächen arbeiten. Sind die Rollflächen leicht gewölbt, d. h. ist die Gestalt der Rollen spindelförmig, so ist die Genauigkeit nicht mehr so sehr scharf einzuhalten (vgl. Krahn Fig. 76).

Ganz abweichend ist die Führung und Verbindung bei dem Krahntypus 4. (Taf. XIX). Den sich hebenden und senkenden Cylinder bedeckt ein besonderer Mantel von geringerer Stärke der Wandung, welcher lose sich um den Cylinder bewegt, auf dem Rand des letzteren mittelst loser Kugeln läuft,

oben offen ist und die Stopfbüchse für das abgesetzte Plungerende durchragen lässt. Dieser cylindrische Mantel führt sich auf entsprechend abgedrehten Streifen der Cylinderaussenfläche an zwei Stellen:

1. oben an der der Last entgegengesetzten Seite mit einer kleinen glatten Rolle,
2. unten auf der Lastseite mit zwei grösseren glatten Rollen, welche durch Ausschnitte in dem Mantel hindurch, die abgedrehten Laufflächen berühren können.

Der Mantel trägt mittelst zweier Rippen jederseits angegossene Lappen, auf denen die Trägerbleche des Auslegers befestigt sind.

§ 442. Die eigentliche Construktion des letzteren hängt bei dem Stahlkrahn wesentlich von der Anordnung der Giesspfanne ab, welche in ihrer Dimensionirung auch nicht ohne Einfluss auf die ganze Bauart, Breite etc. des Auslegers ist und bleibt.

Die Giesspfanne ist gewöhnlich ein konisches, mit schrägem Boden versehenes, in den Kanten gerundet zusammengefügtes Blechgefäss, welches mit einem beliebig zu öffnenden und zu verschliessenden Abstichloch an der tiefsten Stelle des Bodens versehen ist.

Dieses Abstichloch wird mittelst eines durch das Metallbad hindurchtauchenden Verschlusses, dessen Details sowohl in Taf. XVIII als auch in Taf. XIX deutlich zu erkennen sind, geschlossen und nur während des Ablassens des Stahls in die Formen der Blöcke vorsichtig geöffnet.

Dieses Stichloch liegt meist an der äusseren Seite der Pfanne, d. h. dem Krahnstamm abgewendet, doch gibt es auch gegentheilige Anordnungen, z. B. die auf Taf. XVIII, welche bei der Lagerung der Pfanne auf beiden Seiten des Krahnarmes bestimmte Vortheile haben, während sie bei Pfannen vor der Lagerung, wie Fig. 76, sich nicht bemerkbar machen.

Während nämlich der Stahl oder das Flusseisen der Regel nach durch den im Boden vorgesehenen Verschluss in die Formen gelassen wird, muss die vorhandene, vorher zu entfernende oder auch zurückbleibende Schlacke über den Rand weg gegossen werden, da sie den Verschlussapparat angreifen und verderben würde.

Auch tritt, im Fall der Verschluss plötzlich nicht mehr gangbar ist, die Nothwendigkeit ein, auch das Metall durch Neigen oder Kippen der Pfanne so rasch und so gut als möglich über den Rand zu giessen.

Dies kann auf der Innenseite nicht geschehen, sondern höchstens nach vorn oder nach rechts oder links. Bei der gewöhnlichen Lagerung der Krahnpfanne in zwei Zapfen auf den Trägern des Auslegers wird sich nur die Vorderseite benutzen lassen, wenn nicht, wie bei der Einrichtung auf Taf. XIX und auch Fig. 75, die Verschlusseinrichtung im Wege ist. Da ist die Anbringung der letzteren auf der Innenseite, wie Taf. XVIII sie zeigt, sehr vortheilhaft, und deshalb hat der Construkteur dieser Anordnung unstreitig auch die besonders markirte Uebergiessschnauze auf die Vorderseite gelegt.

Die Einrichtung auf Taf. XIX ist in dieser Beziehung weit weniger günstig und lässt kaum ein Ausgiessen anders als durch Umkippen nach innen zu.

Die bequemste Construktion für das Ausgiessen ist die des Krahns Fig. 76, wo die Pfanne an eine im Krahnausleger gelagerte Welle gesteckt ist und wie ein Löffel am Stiel seitlich gekippt werden kann.

Das Umkippen wird vom Krahn aus bewirkt, indem man auf den einen Zapfen der Pfanne ein Schneckengetriebe bringt und dasselbe mit einer an horizontaler oder schräger Axe befestigten Schnecke arbeiten lässt. Die Drehung der Schneckenaxe erfolgt mittelst einfacher oder doppelter Konusumsetzung von einem Stellrad aus, welches so angebracht ist, dass ein auf der Krahnplattform stehender Arbeiter dasselbe handgerecht drehen kann.

Ganz ohne Umsetzung mit Kegelrädern arbeiten die Kippvorrichtungen der Krahne Fig. 76 und Taf. XIX, während der amerikanische Krahn Fig. 75 eine einfache, der Krahn Taf. XVIII eine doppelte Umsetzung in ihrer Kippvorrichtung erkennen lassen.

Räderumsetzungen sind wohl vereinzelt angewandt worden, bedürfen aber stets der Sicherung durch Sperrräder, um bei zu voller Pfanne das freiwillige Umkippen zu vermeiden. Die Schneckenübersetzung wirkt dagegen hemmend in einem solchen Fall und verdient schon um deswillen den Vorzug.

§ 443. Ausser durch die Richtung des Umkippens der Giesspfanne unterscheidet sich das Detail der verschiedenen Stahlkrahnconstruktionen vornehmlich durch die Rücksicht auf die Verschiebbarkeit der Giesspfanne auf dem Ausleger.

Während bei den ursprünglichen englischen und anderen Stahlkrahnconstruktionen, z. B. auf Taf. XVIII und Fig. 76, sowie bei der etwas neueren Ausführung auf Taf. XIX, die Pfanne am Ende des Auslegers festgelagert erscheint und nur in einer oder der anderen Richtung gekippt zu werden vermag, zeigen verschiedene sonstige Krahnbauten die Einrichtung verschiebbarer Pfannen, welche auf Schlitten oder Katzen gelagert und dadurch radial beweglich gemacht worden sind.

Diese Bewegung in radialer Richtung bedingt natürlich eine solche Construktion der Wendevorrichtung, dass deren Wirksamkeit durch das Hin- und Herschieben in keiner Weise alterirt werden, und dass somit das Wenden der Pfanne in jeder beliebigen Stellung derselben erfolgen kann.

Deutsche und englische Einrichtungen der Art (Musil a. a. O., S. 284) zeigen eine Lagerung der Pfanne in zwei Schlitten, die sich entweder auf einer gehobelten Bahn der Auslegerträger führen oder mittelst Rollen auf denselben laufen.

Eine Zahnstange verbindet sie mit einem gewöhnlichen, auf dem Krahn liegenden Windewerk, durch dessen Antreiben die Zahnstange, somit auch die Pfanne aus- und eingeschoben werden kann. Das Stellzeug für den Antrieb des Schneckenrades zum Kippen der Pfanne ist nun entweder mit dem Ausleger oder mit dem Schlitten fest verbunden.

Im ersten Fall (vgl. Musil, Fig. 16) wird, wie auf dem Krahn Taf. XVIII die Kippbewegung, durch eine oder zwei Kegelumsetzungen die Bewegung eines horizontalen oder verticalen Handrades auf die Axe der Schnecke übertragen. Liegt die Lagerung der letzteren in fester Verbindung mit dem betreffenden Schlitten des Giesskessels, so wird beim Vor- oder Zurückschieben des letzteren die Schnecke und ihre Axe mit hin- und hergehen. Steckt man das andere vierkantige Ende der Axe lose durch die Nabe des letzten Konus der Uebertragung und lagert letzteren in feste Verbindung mit dem Ausleger, so wird die Axe der Schnecke in dem Konus hin- und hergeschoben, ohne die Verbindung und damit die Wirksamkeit des ganzen Kippmechanismus zu unterbrechen.

Im anderen Fall stellt man das Stellzeug für die Kippbewegung auf den die Zahnstangen und die Schlitten verbindenden Träger, wählt aber dann meist eine einfache Anordnung mit schrägliegender Schneckenaxe, wie z. B. auf Taf. XIX angegeben ist.

Bei dem in Fig. 75 wiedergegebenen amerikanischen Stahlkrahn liegt die Pfanne auf zwei Schlitten, die mittelst Rollen auf dem Ausleger laufen. Beide Schlitten sind mit einem Zwischenstück fest verbunden, welches gleichfalls auf Rollen läuft und welches die Mutter für eine mit dem Plunger fest verbundene Schraubenspindel enthält. Durch Drehung der letzteren mittelst eines Handrades schiebt man die Pfanne vor und zurück.

Musil erwähnt noch die Benutzung hydraulischer Kraft für das Aus- und Einschieben der Pfanne, wodurch rascheres Manipuliren erzielt wurde.

Die Einrichtung ist dann folgende: Man lagert die beiden Ausleger auf zwei kürzere horizontale Träger, welche mit dem Plunger fest verbunden sind und für die beiden Ausleger eine Gleitbahn bilden. Ein auf den gedachten Trägern liegender hydraulischer Cylinder bewirkt mittelst seiner Kolbenstange, welche an eine die beiden Ausleger verbindende Traverse greift, das Aus- und Einschieben der Pfanne.

Der Cylinder dreht sich mit dem Krahn und seine Speisung findet durch den Plunger des letzteren statt. Zur Vermeidung des Umkippens der Ausleger nebst Pfanne führen sie sich noch an je einer auf dem Plunger fixirten Rolle.

§ 444. Die Ausleger der Stahlkrahne werden im Allgemeinen äusserst kräftig gebaut, weil ein Bruch derselben, der flüssigen Last wegen, weit grösseres Unheil verursachen dürfte als ein gleicher Unfall bei einem anderen, z. B. den Blockkrahnen etc.

Meist baut man die beiden Ausleger als hochkantig gestellte Blechträger, welche oft gegen das Ende hin schwächer und leichter werden, der Form gleicher Festigkeit entsprechend. Ist die Pfanne verschiebbar angeordnet, so werden die Ausleger ausserdem zur Bildung der Schlitten- oder Rollenbahn mit Winkeln versteift, wenn man nicht von vornherein Doppel-T-Träger wählt.

In fast allen Fällen unterstützt man die Haltbarkeit der Ausleger durch Zugstangen, welche seitlich, theils inner-, theils ausserhalb, angreifen und mit dem anderen Ende am Plunger oder dem Haubenkopf befestigt sind (cf. § 441 und Fig. 76 sowie Taf. XVIII).

Diese Verbindung ist mit besonderer Sorgfalt auszuführen, wie auch die Einlage der Träger in die Lappen der Haube; die Befestigung muss in diesem Fall, wenn möglich, durch abgedrehte und gut eingepasste Schraubenbolzen erfolgen, um jede todte Bewegung zu vermeiden.

Zur Auslegerconstruktion gehört auch das auf der rückwärtigen Verlängerung sitzende Balancegewicht, welches früher beweglich angeordnet wurde, jetzt meist fest gelegt ist, weil die Beweglichkeit sich im Betrieb als durchaus unnütz und nicht exakt anwendbar erwiesen hat. Das Balancegewicht fehlt ganz bei dem amerikanischen Krahn Fig. 75 und bei dem System Daelen-Hösch Taf. XIX, welches dem amerikanischen Krahn die Art des Aufhängens der Ausleger theilweise entlehnt hat.

§ 445. Den von Musil vollständig behandelten älteren und noch immer sehr verbreiteten Giesskrahnsystemen sind in neuerer Zeit einige Constructionen zugesellt worden, welche auf zum Theil anderen Construktionsprincipien beruhen.

Auf dem Meeting des Iron and Steel Institute zu Middlesbro' im Herbst 1883 führte F. Whrightson (Stockton o. T.) einen Mittel- oder Stahlkrahn vor, welcher nach folgenden Construktionsgrundsätzen erbaut war.

Whrightson stellt als Programm für die Construktion hin, dass die Pfanne während des Ausgiessens des Converters der dabei unvermeidlichen Bewegung der Mündung zu folgen habe, sowohl in verticaler als auch in horizontaler Richtung, und dass schliesslich beim Giessen des Stahls in die Coquillen die Pfanne einen Kreis von möglichst grossem Durchmesser in horizontaler Richtung bestreichen müsse — endlich, dass alle diese Bewegungen mit grösster Leichtigkeit ausführbar sein müssten.

Nachdem diese allbekannten Anforderungen aufs Neue hingestellt, wird die Unzulänglichkeit der seitherigen einfachen Plungerkrahne zu beweisen gesucht, indem nachgewiesen wird, dass mit dem Gewicht und der Anzahl der Chargen, die in 24 Stunden in derselben Giessgrube oder an demselben Krahn auszuführen sind, die Anzahl der in der Giessgrube oder um den Krahn herum aufzustellenden Coquillen und damit die Ausladung des Krahns wüchse.

Dadurch würden abnorme Dimensionen des Plungers verursacht, ohne dass die Sicherheit gegen Bruch im erforderlichen Maasse erzielt würde und damit die Sicherheit gegen grosse Unfälle und längere Betriebsunterbrechungen.

Es erschien, namentlich den grossen Chargen der Thomaswerke gegenüber, geboten, andere Construktionen zu versuchen, und hat die Firma Head, Whrightson & Co. in Stockton den vorgeführten Krahn für eine Last von 15 Tons und eine Ausladung von 7,920 m entworfen und in den Werken der North Eastern Steel Company zur Ausführung gebracht.

Das Plungersystem ist dasselbe wie bei dem Krahn Daelen-Hösch. Der Krahn arbeitet mit abgesetztem Plunger, welcher der Beschreibung nach sehr massiv und aus Schmiedeeisen hergestellt ist. Der Plunger, welcher in seinem dicken Theil auf einer Seite sekantial abgeflacht ist und deshalb in der entsprechend construirten Stopfbüchse sich nicht frei drehen kann, wird von dem Treibcylinder, welcher Ausleger und Pfanne dreht, mitgenommen und hat deshalb am Unterende einen gut gesicherten Stehzapfen, am Oberende einen in der Dachconstruktion gelagerten gewöhnlichen Zapfen.

Das Triebwasser gelangt durch letzteren mittelst stopfbüchsenartigem Anschlusses der Leitung in eine enge Bohrung des obersten Stückes der Plungersäule, dann seitlich heraus in ein schmiedeeisernes Rohr und unterhalb des Spielraums der sogleich zu beschreibenden Gegengewichtsvorrichtung wieder in die Bohrung der unteren Säulenhälfte zurück und von da aus in den Cylinder.

An dem letzteren hängt nunmehr das System der beiden Ausleger aus Blechträgern, mit Versteifungen und dachbänderähnlichen Verbindungen versehen, bestehend aus zwei im Cylinder rechts und links befestigten Rundzapfen, so dass keine starre, sondern eine lose, ein gewisses Schaukeln gestattende Verbindung vorhanden ist. Auf dem einen kürzeren Ende des beiderseits sich auslegenden Trägersystems ruht ein Gegengewicht von der Hälfte der Charge, also $7^1/_2$ Tons Schwere.

Die hier noch bleibende Ungleichheit wird durch ein um den Obertheil des Plungers ringförmig bewegliches Gegengewicht ausgeglichen, indem dasselbe durch ein über Rollen geführtes Ketten- und Zugstangensystem mit den beiden Enden des Auslegers verbunden ist.

Die zugehörigen Rollen liegen in einem Rahmen oder Schuh, der am oberen Plungertheil befestigt ist. Bei halber Pfannenfüllung ist Gleichgewicht vorhanden, und das Ringgewicht hat nur die todte Last der zu hebenden Theile, soweit zulässig, auszugleichen.

Bei weiterer Füllung spannen sich die Ketten und Zugstangen (oder Drahtseile) der Pfannenseite, während sich die der gegenüberliegenden Seite entlasten. Dadurch wirkt das Ringgewicht nur auf das zunehmende Gewicht der Pfanne und verhindert deren Sinken.

Bei der Entleerung ist die Ausgleichung gerade umgekehrt, und es sind die Verbindungen auf der Pfannenseite schlaff, die der anderen straff angezogen. Die bei Hebung und Senkung des Krahns eintretende Senkung und Hebung des Ringgewichts beeinflusst die Ausgleichung nur unwesentlich.

§ 446. Die geschehene Ausführung des Whrightson'schen Krahns für die North Eastern Steel Company hat bei 15 Tons Hebefähigkeit und der bereits genannten Ausladung von 7,920 m im Oberzapfen einen Horizontalschub von 4,5 Tons, welcher durch vier einfache Zugstangen auf die Wände des Gebäudes übertragen werden kann.

Als weitere Vorzüge werden die Leichtigkeit und Wohlfeilheit des Fundaments sowie die freie Lage und Zugänglichkeit aller wichtigen Krahntheile hingestellt; die übrigen als Vorzüge hingestellten Eigenschaften haben alle neueren Ausführungen vor der wohl absichtlich angezogenen, weil den grössten Contrast bietenden, ältesten Plungerkrahnconstruktion, ohne Verbindung der Auslegerenden mit der Haube etc. Dieser Vergleich ist auch von Walker (Firma Tannett, Walker in Leeds) in der der Mittheilung folgenden Discussion angegriffen worden.

Ausserdem findet derselbe ein Bedenken von noch grösserem Gewichte in der Beanspruchung der Dachconstruktion, d. h. des Gebäudes selbst durch die Whrightson'sche Construktion.

Auch bildeten die Ketten einen wahren Schrecken für den praktischen Betriebsmann, da denselben die stete Gefahr eines Bruches anhafte, und die ganze Complication der Krahnconstruktion überhaupt entspreche den beim Bau eines Giesskrahns sehr wenig, da derselbe allerlei ungünstigen Zufällen durch Ueberlaufen von flüssigen Schlacken und Stahl ausgesetzt sei.

Dann empfiehlt Walker, auch die Horizontalbewegung der Krahne, also das Drehen derselben, durch Hydraulik auszuführen, da sie billiger sei als die Handarbeit.*)

E. Windsor Richards vermag die grössere Bruchsicherheit der Whrightson'schen Construktion nicht anzuerkennen, da seiner Ansicht nach bei einem durch ein Versehen veranlassten Niederlassen des Krahns und Aufstossen auf einen Gegenstand (Coquille etc.) ebensowohl ein Unglück entstehen könne wie bei einem anderen Krahn. Dagegen halte er die ganze Anordnung für sehr sinnreich und würde einen besonderen Vortheil darin finden, dass es ermöglicht würde, mittelst des wagebalkenartigen Auslegers ein wirkliches Wiegen des Pfanneninhalts vorzunehmen, um eine Verminderung des Abfalls durch genaue Gewichtsbestimmung der Blöcke herbeizuführen. Whrightson will die Idee des Wägens bei ferneren Ausführungen berücksichtigen und macht einer Bemerkung von Snelus gegenüber noch auf den Umstand aufmerksam, dass die starke Reibung beim Drehen der Krahne mit abgesetztem Plunger und beweglichem Cylinder durch die von ihm angeordnete Mitnahme des Plungers aufgehoben sei. Die Plungersäule ruhe auf dem relativ kleinen Fusslager und die Reibung des Oberlagers sei eine geringfügige.

§ 447. Eine andere neue Krahnconstruktion beruht darauf, dass die Krahnsäule ein selbstständiges, von Cylinder und Plunger unabhängiges Organ bildet, welches in beliebiger Stärke und Sicherheit ausgeführt werden kann, ohne dass der Gang des Krahns beeinflusst wird.

Cylinder und Plunger sind von jedem Biegungsmoment befreit und die Stopfbüchse hat weder durch seitlichen Druck noch durch die Drehung des Plungers zu leiden. Der Durchmesser des Plungers und damit der Wasserverbrauch werden sehr klein, da der Plunger ausser der Last nur noch den Ausleger, nicht aber die Krahnsäule und das Gegengewicht zu heben hat.

R. Bredt, welcher die bezüglichen Bemerkungen in Stahl und Eisen 1883, S. 673 macht, gibt gleichzeitig vier verschiedene Skizzen der nach seinem Vorschlag möglichen Anordnungen, welche sich auf verschiedene Verwendungen beziehen.

Für den Giess- oder Stahlkrahn, wie auch für die anderen Verwendungen ist nach Bredt die zweckmässigste Form der Krahnsäule ein geschlossener, hohler, rechtwinkeliger Kasten aus Blech und Winkeleisen, d. h. ein Hohlbalken. Diese aus Festigkeitsrücksichten beste Form ist gleichzeitig auch bezüglich der Führung des Auslegers die bequemste, welche sich mittelst eines Rollenrahmens auf dem Krahnstamm herauf- und herunterschieben soll.

Zwei schräge Verbindungsstücke, rechts und links, gleiten mittelst Druckrollen, von denen die rückseitige oben, die auf der Auslegerseite befindliche unten auf den entsprechenden Gleitbahnen der Säule sich bewegt, herauf und herunter, und diese Construktion trägt in der Höhe der vorderen Rolle den Ausleger, der noch durch Zugstangen mit der Axe der rückseitigen Rolle verbunden ist. An letztere schliesst sich die Plungerstange an und bewegt das ganze Auslegersystem, während der Cylinder auf der Rückseite des Stammes befestigt ist.

Da sich der letztere mit Unterzapfen und in der Flurebene mit Rollenkranz dreht, so dreht sich das hydraulische Hebezeug mit und das Druckwasser muss in Folge dessen unten oder oben durch eine Stopfbüchse eingeführt werden, welche auf der Säule befestigt ist.

Diese kleine Complication ist nach Bredt für den Betrieb in keiner Weise störend, da diese bei Hafenkrahnen allgemein in Gebrauch befindlichen Stopfbüchsen leicht in Stand zu halten sein sollen.

Dem Anbringen eines zweiten Druckcylinders zur Abbalancirung der bewegten Massen steht nichts entgegen; von Belang wird aber die Ersparniss an Druckwasser nur selten sein, da Plunger und Ausleger verhältnissmässig leicht sind.

Eine jede Drehbewegung durch Hydraulik lässt sich bei diesem System sehr bequem anbringen; andererseits veranlasst die Querbewegung der Last durch dasselbe Bewegungsmittel keine grössere Complication als bei anderen Krahnen. — Ausführungen nach diesem System sind nicht weiter bekannt geworden.

Die Giesswagen und fahrbaren Krahne.

§ 448. Die Schwierigkeit, in dem immerhin beschränkten Raum der kreisrunden Dammgrube oder des Giessplatzes, welchen der Giesskrahn bestreicht, eine grosse Anzahl von Blockformen unterbringen zu können, dann die Nothwendigkeit des Eisentransportes von den Hochöfen nach dem Bessemer- oder Thomaswerk bei direktem Betrieb, führten zur Benutzung fahrbarer Kessel und Reservoire, von denen auf Taf. XVII (Fig. 4, 5, 6) ein einfaches Beispiel dargestellt worden ist.

Es ist dies ein auf normaler Spurweite fahrbarer Transportwagen für flüssiges Roheisen, welcher mit Zughaken, Puffer und allen Zuthaten des Geleisebetriebes ausgerüstet ist.

*) Der Ersatz der Ketten durch Drahtseile wird weiterhin von Whrightson als den Bedenken Walker's entgegenkommend vorgeschlagen und der Vorwurf der Complication seines Krahnsystems erwidert durch die Bemerkung, dass Walker's Krahne ebensoviel Theile hätten als seine, Whrightson's, Krahne. Die Gefahr eines Bruches sei auch dadurch beseitigt, dass von vier Seilen eins genüge, das Ringgewicht zu tragen.

Das Gestell besteht aus zwei kräftigen, lafettenähnlichen Längsbalken oder Trägern aus doppelwandigem Blech mit zwischengelegten und festgeschraubten gusseisernen Klötzen an den Lagern der Fahrräder und der Kesselzapfen.

Der Kessel oder die Pfanne ist natürlich eine zum Ueberkippen eingerichtete, mit Schnauze versehene Vorrichtung mit starkem Zapfenring. Auf der äusseren Verlängerung des einen Zapfens sitzt ein Schneckenrad, während die zugehörige Schnecke an der Aussenseite des Langbalkens festgelagert ist. Durch Aufstecken einer Kurbelwelle wird wie beim Eisengiessereibetrieb die Bewegung von der Rückseite der Pfanne her bewirkt.

Eine zweite, an dem Wagen noch angebrachte Räderübersetzung dient dazu, den Wagen langsam vor- und rückwärts zu bewegen, eine Bequemlichkeit der Einrichtung, die beim Giessen sehr nützlich ist, wenn die Pfanne auf dem Hebewerk steht und ihren Inhalt in die Giessrinnen schüttet.

In ähnlich einfacher Weise kann man sich für leichtere Chargen auch den Giesskessel selbst angeordnet und ausgeführt vorstellen, welcher theils von Hand, theils durch Maschinen von der Giessgrube an, wo er aus dem Converter gefüllt worden ist, nach seitlich angeordneten Dammgruben gefahren wird.

Der Giesskessel ist dann genau so eingerichtet wie sonst, mit Abstichöffnung im Boden, Wendevorrichtung etc. versehen, und bewegt sich auf Fahrgeleisen, die zu beiden Seiten der Giessgrube liegen können.

Das einzig Missliche bei der Bewegung auf einer festen Bahn bis unter den Converter bildet die Unmöglichkeit, dem während des Ausgiessens sich immer mehr senkenden Maul des Converters in angemessener Entfernung zu folgen, um das heftige Aufprellen des Stahlstrahls anfänglich zu vermeiden; die Verticalbewegung ist daher schwer zu missen.

Dazu gesellt sich beim basischen Process die Nothwendigkeit, auf die Schlackenabscheidung Rücksicht zu nehmen, und damit die Nothwendigkeit eines möglichst raschen Transportes.

§ 449. Am vortheilhaftesten erscheinen, wenn es sich nicht um ganz neue Anlagen handelt, Combinationen von Stahlkrahnen einer der vorher beschriebenen Arten und von fahrbaren Pfannen, welche vom Krahn abgesetzt werden können.

R. M. Daelen beschreibt einige zum Theil von ihm selbst construirte derartige Einrichtungen in Stahl und Eisen 1882, S. 152, welcher Arbeit Folgendes entnommen wird.

Davon ausgehend, dass trotz allseitiger, möglichst gesteigerter Ausnutzung der maschinellen und baulichen Einrichtungen der Stahlwerke doch daran festzuhalten ist, das Ausgiessen der Chargen nicht zu überhasten, sondern im Interesse äusserer Schönheit der Blöcke (Freiheit von Rissen und Schalen) und innerer guter Qualität (Freiheit von Hohlräumen) so zu führen, dass nicht mehr wie 300 Kilo pro Minute ausfliessen, charakterisirt der Verfasser des citirten Aufsatzes die an die ganze Giesseinrichtung zu stellenden Anforderungen, deren Erfüllung auf verschiedenen Wegen angestrebt werden könne, nachdem die Ueberzeugung sich Bahn gebrochen, dass die Anforderungen mit dem gewöhnlichen Mittelkrahn und der kreisförmigen Giessgrube sich nicht allein mehr erreichen lassen.

Die Anforderungen sind:

1. Beweglichkeit der Giesspfanne von oben nach unten, um für alle Stellungen des Converters gleiche Fallhöhe des Metalls zu sichern;
2. Beweglichkeit der Giesspfanne von der Birne zu den Blockformen, dann von einer Form zur anderen;
3. direktes Eingiessen in die Formen, eventuell mittelst eines Trichters, und sofortiges Freimachen der Mündung behufs Vornahme des Verschlusses;
4. Drehbarkeit der Pfanne in ihren Lagerzapfen, um beim Versagen des Stopfenverschlusses umkippen zu können;
5. hinlängliche Grösse des Giessraums, um die Arbeit des Giessens niemals durch die Arbeit des Coquillenwechsels stören zu müssen.

Weitere von R. M. Daelen aufgezählte Bedingungen entwickeln die Grösse und Beschaffenheit des Schmelzraumes weiter und besonders nach der Seite der Hülfsapparate, Blockkrahne etc. hin.

Die erste Lösung der Aufgabe bestand in der Aufstellung zweier concentrischen Reihen von Blockformen und in der Verschiebbarkeit der Pfanne auf dem Ausleger durch Handbetrieb oder durch hydraulische Cylinder. Die Ueberfüllung der Dammgrube in nächster Nähe der weiter arbeitenden Converter machte aber das Entleeren der Formen, das Blockausheben und Wiederaufstellen der Formen zu einer sehr lästigen Arbeit.

Später versuchte man fahrbare Blockformen, welche in Gruppen mit gemeinschaftlichen Eingüssen vereint in das Bereich des Giesskrahns gefahren und nach dem Füllen wieder entfernt wurden. Die Einführung dieser Einrichtung auf mehreren deutschen und ausländischen Werken ergab eine gewisse Umständlichkeit im Aufbau der Coquillen und in der Manipulirung der Wagen.

Es blieb sonach nur übrig, den Giessraum von dem durch den Stahlkrahn bestrichenen zu trennen und die Giessoperationen räumlich unabhängig vom Converterbetrieb vorzunehmen.

Es boten sich zwei Wege:

1. Beibehalten des Stahlkrahns, aber Absetzen der Giesspfanne nach dem Füllen auf eine besondere Transportvorrichtung, welche sie nach dem Giessraum und über die Reihe der Blockformen führt;
2. Ersatz des Stahlkrahns durch einen fahrbaren Krahn, welcher mit hydraulischem Hebewerk versehen ist und nach Füllen der Pfanne dieselbe auf Geleisen in die zum Giessen bestimmten Räume führt.

§ 450. Der erste Weg ist bereits ziemlich früh von deutschen Eisenwerken betreten worden, indem man einen Giessgraben mit der kreisförmigen Giessgrube combinirte, so dass der Stahlkrahn die gefüllte Giesspfanne auf einen Wagen absetzte, welcher auf dem in die Giessgrube hineingebauten Theil des zum Giessgraben führenden Geleises vorgeschoben war.

R. M. Daelen beschreibt eine derartige Einrichtung, welche schon um 1875 im Stahlwerk des Bochumer Vereins eingerichtet worden war und sich sehr gut bewährt hat.

Es wurde mittelst dieser Einrichtung möglich, gelegentlich einer besonderen festlichen Veranlassung 52 Chargen in 24 Stunden zu erblasen. Die dortige Giessgrube enthält drei Converter von etwa 8—10 Tonnen Chargengehalt und es führt aus derselben ein Schienengeleise zu dem flachgestreckt bogenförmigen Giessgraben.

Die Flügel des Geleises springen so weit in die alte Dammgrube ein, dass die am äussersten Ende des Stahlkrahns hängende gefüllte Pfanne auf den dazu bestimmten Wagen flach aufgesetzt werden kann.

Der Wagen enthält zu diesem Behufe eine schüsselartige dicke Platte, auf welche der Kessel wie eine Obertasse in die Untertasse gesetzt wird. Zur Freilassung des Abstichansatzes ist aber die Platte vorn entsprechend ausgeschnitten und sitzt nur mit knapp $^3/_4$ des Bodendurchmessers auf.

Der schüsselartige Aufsatz ist drehbar eingerichtet und wird durch eine quer über den Wagen herübergelegte Axe mit Schnecke gedreht; eine Kippvorrichtung ist nicht vorhanden.

Vor dem Wagen hängt am Kessel und an zwei drehbaren Auslegern ein Eingusstrichter mit zwei Oeffnungen, um zwei nebeneinander in dem Giessgraben stehende Blöcke gleichzeitig giessen zu können, und um auch das Giessen aus der nur wenig überstehenden Pfanne bequemer zu machen.

Der Trichter oder Giesskasten ist horizontal leicht beweglich, da die drei Ketten dies gestatten; er kann eventuell auch grösser gemacht und anstatt mit zwei mit drei Stopfervorrichtungen versehen werden.

Der mit einer Handbewegung zum genauesten Einstellen versehene Wagen wird indess hauptsächlich durch einen Kettenzug vorwärts bewegt, den eine kleine Zwillingsmaschine mit Vorgelege treibt. Das eine Kettentrumm läuft in einer gusseisernen Rinne innerhalb der einen Geleisespur, welche aus Schienen besteht, während die andere eine glatte Platte darstellt. Das rückkehrende Trumm geht unterirdisch auf Leitrollen, wobei die Spannung noch durch ein bewegliches Rollensystem mit Belastungsgewichten hervorgebracht wird.

Vier hydraulische Krahne dienen zum Ausheben der Blöcke aus dem Graben, dessen Wände noch durch eiserne Traversen geschützt werden, um das Einstürzen in Folge der zerstörenden Wirkung der strahlenden Wärme zu vermeiden.

Trotz der noch etwas unvollkommenen Einrichtung des Giesswagens, der besonders im Fall des Verstopfens des Stiches erhebliche Verlegenheiten hätte bieten können, haben sich die anfänglich zeigenden Vorzüge im weiteren Betrieb immer wieder erkennen lassen, und die rasche Beseitigung der glühenden Blöcke war von dem grössten Einfluss auf die übrigen Arbeiten im Converter- und Giessraum.

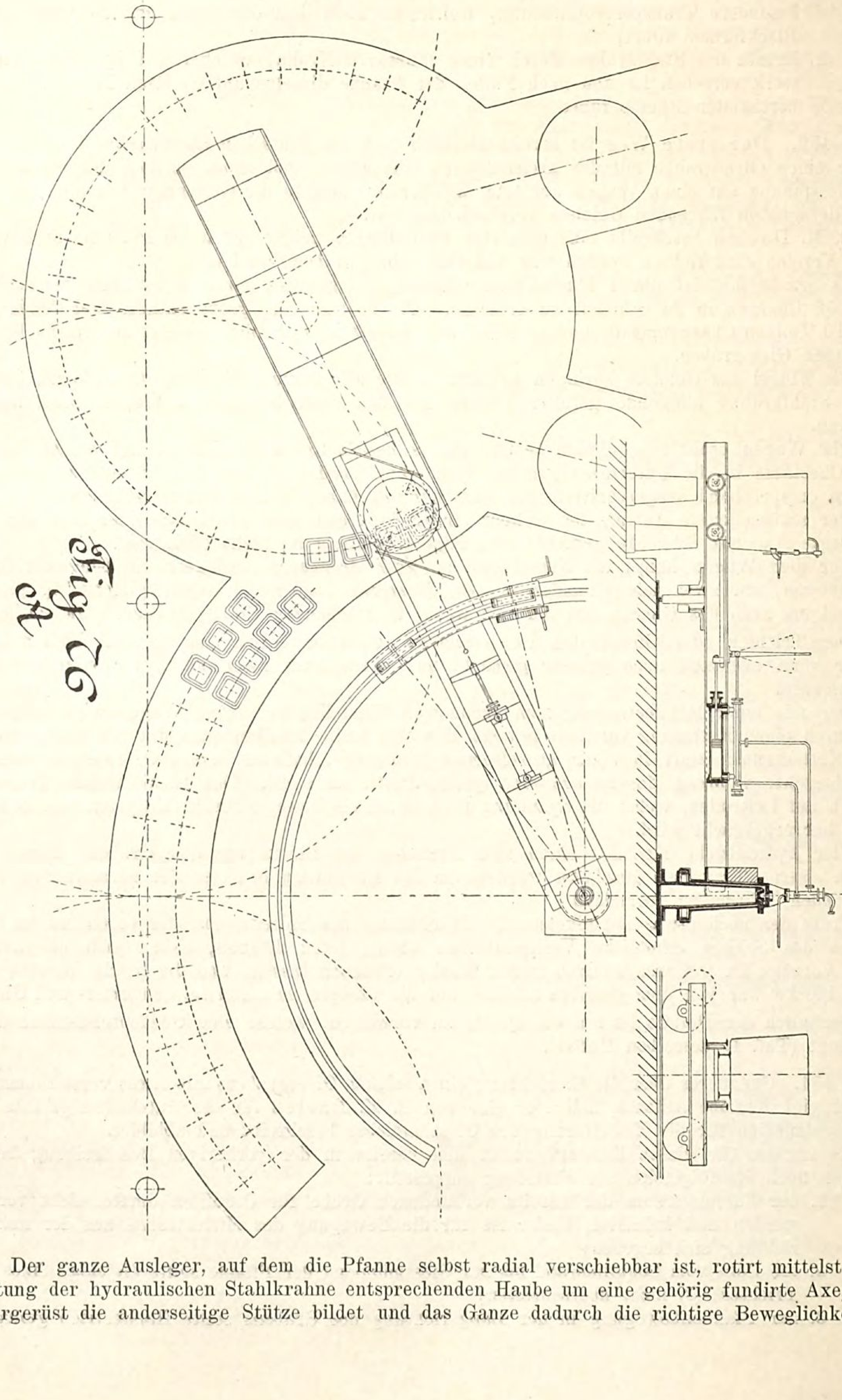
Bezüglich der Details ist auf die Quelle zu verweisen, welche eine Gedächtnissskizze des Verfassers bringt (Taf. II desselben Heftes).

§ 451. Genaueres über die Einrichtung eines solchen Giessgrabens mit etwas vervollkommneterer Ausrüstung gibt derselbe Aufsatz, indem er eine von R. M. Daelen für die Gutehoffnungshütte II entworfene Construktion für die Erweiterung des Giessbetriebes beschreibt und abbildet.

Es wurden für diesen Entwurf ausser den bereits in der vorherigen Beschreibung berührten Bedingungen noch die folgenden zur Erfüllung aufgestellt:

1. der Fassungsraum der bereits vorhandenen Grube für Coquillen durfte nicht vermindert werden und keinerlei Hinderniss für die Bewegung des Mittelkrahns aus der neuen Einrichtung sich ergeben;
2. die Höhe vom Coquillenrand bis zur Giessmündang der Pfanne sollte diejenige eines kleinen Trichters (?) nicht überschreiten;
3. zur Pfannenbewegung in der Längsrichtung des Grabens sollte Handbetrieb genügen.

Durch Zusammenfassen aller dieser Verhältnisse entstand die in Fig. 76 A dargestellte Construktion eines um einen Mittelpunkt schwingenden Laufkrahns, der im Stahlwerk der Gutehoffnungshütte im Jahr 1881 in Betrieb gebracht wurde und allen Erwartungen entsprochen haben soll.



Der ganze Ausleger, auf dem die Pfanne selbst radial verschiebbar ist, rotirt mittelst einer der Einrichtung der hydraulischen Stahlkrahne entsprechenden Haube um eine gehörig fundirte Axe, während ein Fahrgerüst die anderseitige Stütze bildet und das Ganze dadurch die richtige Beweglichkeit erhält.

Durch zusammenfallende Einstellung des Stahlkrahns und des Radialkrahns wird das Absetzen der Pfanne sehr einfach und die weitere Rotation vollzieht sich in der bequemsten Weise.

Nach Daelen's Angabe beginnt drei Minuten nach der Entleerung der Birne der Guss des ersten Blockes.

Der Drehkrahn selbst besteht aus zwei Langträgern, welche an dem Holm oder der Haube der Säule befestigt sind, die das eine Auflager bildet. Das andere Auflager ist das aus Trägern und Rädern zusammengesetzte Fahrgerüst, welches auf einer peripherisch um die Axe des Ganzen gebogenen Schiene rollt und mittelst Kurbel und zugehöriger Radübersetzung von Hand bewegt wird.

Auf den unteren inneren Flanschen der Langträger des Auslegers rollt ein Wagen mit einer zur Aufnahme der Giesspfanne bestimmten Schale und kann durch einen hydraulischen Kolben hin- und herbewegt werden, um zwei concentrische Coquillenreihen bedienen zu können.

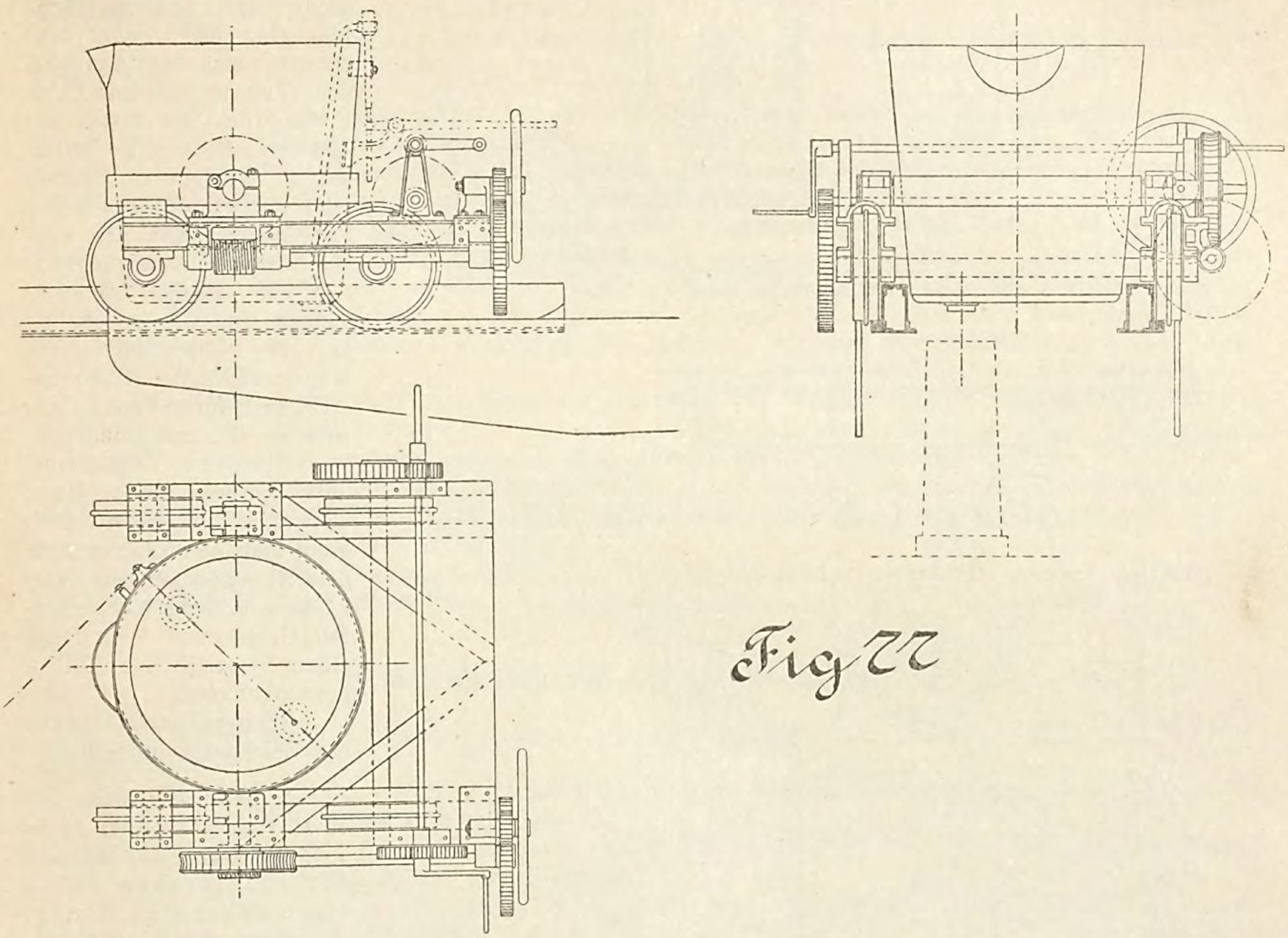


Fig 77

Das Gewicht der gefüllten Pfanne wird durch ein innerhalb des Fahrgerüstes angeordnetes Gegengewicht ausgeglichen, da sie auf dem freien Ende des Laufkrahnauslegers abgesetzt wird.

Nach dem Aufsetzen fährt man zunächst mit dem Wagen die Pfanne aus dem Giesskrahn heraus, hebt den letzteren und schwenkt den Laufkrahn herum, um die Pfanne über den Giessgraben zu bringen. Sobald sie diese Stellung erreicht hat, ist die Giessgrube der Converter vollkommen frei.

Die Giesshöhe aus der abgesetzten Pfanne bis zum Coquillenrand ist so gering, dass nur ein kleiner Trichter Platz findet, den man doch benutzt, um den Fall des flüssigen Produkts etwas zu brechen.

Die Stopfervorrichtung kann verschieden angebracht werden, wobei noch zu bemerken ist, dass man auch ganz gut mit zwei Stopfervorrichtungen zugleich giessen kann. — Mehrere hydraulische Krahne dienen zum Auswechseln der Coquillen sowie zum Heben der Blöcke.

§ 452. Da die eben beschriebene und illustrirte Einrichtung ein Kippen der Pfanne ebensowenig gestattet wie die vorher erörterte Einrichtung des Phönix, so hat sich R. M. Daelen veranlasst gesehen, den hier in Fig. 77 wiedergegebenen Giesspfannenwagen zu construiren, welcher zum Absetzen eingerichtet ist.

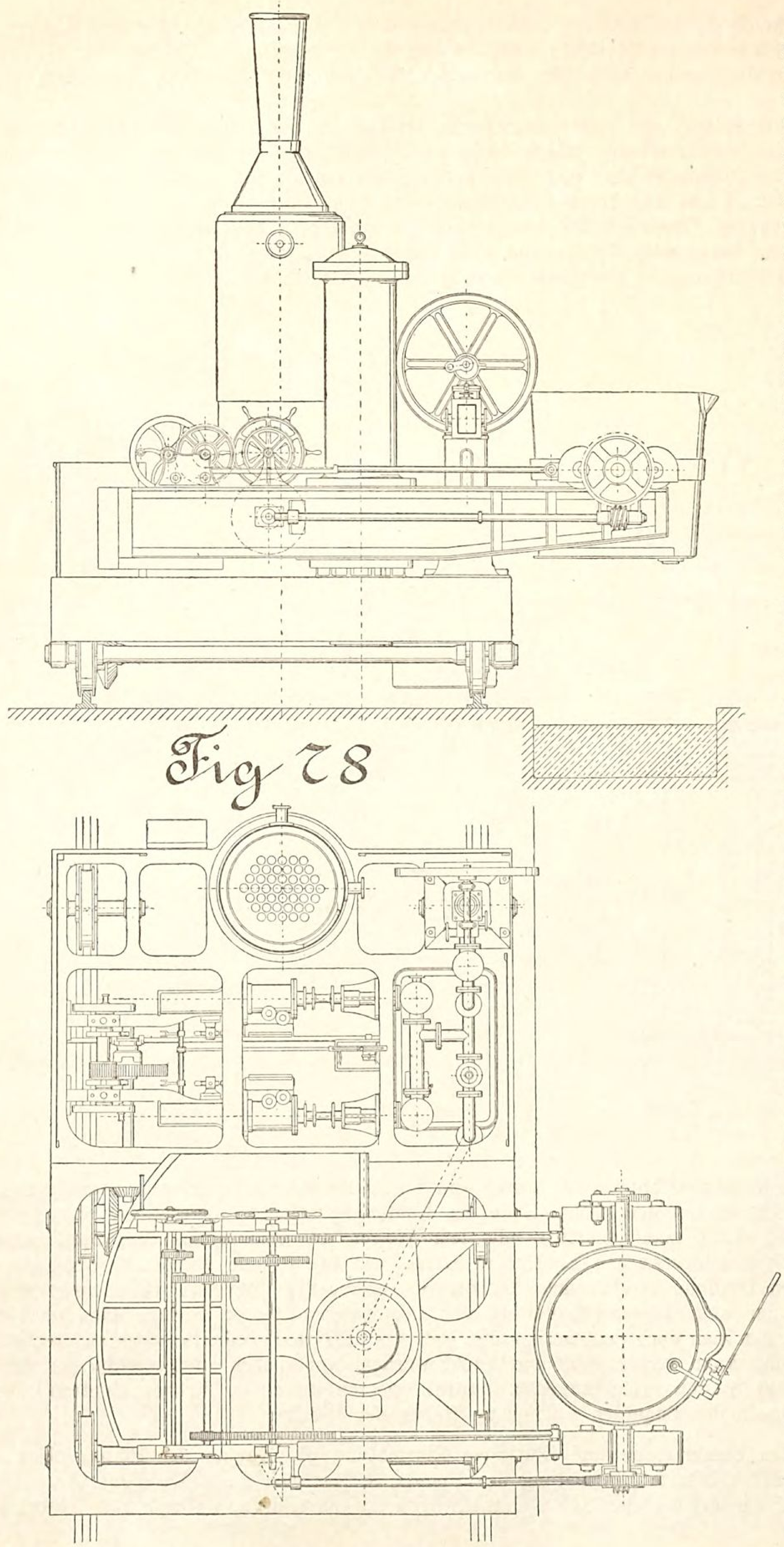


Fig 78

Die Pfanne ruht mit ihren Zapfen auf diesen Wagen, der nach vorn offen und möglichst so gebaut ist, um auf den Trägern des Mittelkrahns stehend die Manipulationen des Krahns sowie die Bewegungen des Converters beim Entleeren durchaus nicht zu behindern.

Die Räder sind mit doppelter, über die Innenkante der Auslagerträger hinausragender Bahn construirt, um das Absetzen des Wagens auf den Laufkrahn *oder* ein festes Geleis durch Senken des Mittelkrahns möglich zu machen. Eine mittlere Wulst auf der Lauffläche macht das seitliche Gleiten unmöglich.

Die übrigen Einrichtungen sind wie gewöhnlich bei der Kipppfanne; die Kippvorrichtung selbst besteht aus Schnecke mit Uebersetzung und aus Handrad.

Die hintere Radaxe wird durch Kurbeln mit doppeltem Vorgelege getrieben, doch kann man den Wagen nach dem Absetzen auf den Laufkrahn oder sonst einen zweiten Giesskrahn auch durch einen hydraulischen Kolben bewegen lassen.

Weitere Details sind aus der Zeichnung ersichtlich.

§ 453. Der zweite der oben, § 449, S. 455, angedeuteten Wege, *der Ersatz des Stahlkrahns durch einen fahrbaren Krahn, welcher mit hydraulischem Hebewerk versehen ist und nach Füllen der Pfanne dieselbe auf Geleisen in die zu dem Giessen bestimmten Räume führt*, ist besonders seit der Inangriffnahme und Weiterbildung des basischen Processes beschritten worden.

Wie aus Früherem bekannt, producirt das basische Verfahren eine grosse Menge Schlacken, welche nach dem Zusatz des Spiegels übersteigt und beseitigt werden

muss, ehe man zum Guss der Blöcke schreitet. Dieser Umstand, verbunden mit der sehr heissen Arbeit des basischen Betriebs, macht die aus der Unzulänglichkeit kreisrunder Giessgruben mit Centralstahlkrahn überhaupt sich ergebenden Vortheile der Verlegung des Gusses noch einleuchtender, so dass eine sehr grosse Anzahl der für den Thomasbetrieb umgebauten und der neu errichteten Converterwerke sich der fahrbaren Krahne bedienen, welche in verschiedenster Construktion vorliegen.

Eine der bekanntesten ist in der Fig. 78 dargestellt, welche eine Skizze wiedergibt, die A. Trappen in Stahl und Eisen publicirt hat.

Der Krahn steht auf einem sechsrädrigen Wagen und besitzt einen über das Wagengestell vorn sowie seitlich hervorragenden Ausleger, der die Pfanne trägt. Das Gewicht der letzteren wird durch ein am anderen Ende des Krahnarmes vorgesehenes Gewicht ausbalancirt.

Der Ausleger ist nach Art der S. 446, § 437 sub 4. beschriebenen Einrichtungen an dem Cylinder befestigt und trägt die von Hand bewegbaren Mechanismen zum Verschieben der Pfanne in radialer, wie zum Kippen der Pfanne in verticaler Richtung.

Die Ausladung beträgt 2,250 m, die Hubhöhe 1,000 m; ebensogross ist auch die radiale Verschiebbarkeit, welche die Anwendung und Benutzung zweier Reihen von Coquillen bezweckt.

§ 454. Auf dem Fahrgerüst befindet sich ferner eine kräftige Zwillingsdampfmaschine mit Reversirsteuerung. Dieselbe dient doppeltem Zweck, indem sie einerseits mittelst zweier Zahnräder und zweier konischen Räder ihre Kraft auf die mittlere Laufwelle des Wagens überträgt und andererseits mit den verlängerten Kolbenstangen ein Pumpwerk für 20 Atmosphären betreibt.

Jene Uebertragung kann, da sie nicht immer nöthig ist, abgekuppelt werden, und die Maschine vermag auch während des Stillstehens des Krahns zu arbeiten und Wasser zu drücken. Um auch während der die Bereitschaft der Fahrvorrichtung verlangenden Giessoperation die möglichen Wasserverluste (durch die Stopfbüchsen etc.) auszugleichen, ist neben dem Kessel noch eine starke Dampfpumpe aufgestellt, welche ausser der Speisung des ersteren auch zum Wasserdrücken nach dem Krahn hin verwendet wird.

Die Zwillingsmaschine liegt unter der Plattform des Wagens und ist vollkommen gegen alle zerstörenden, bezw. beschädigenden Wirkungen des Betriebs gesichert; durch den Belag der Plattform sieht nur die Reversirsteuerung heraus und die Steuerung für den hydraulischen Krahn.

Der Kessel gehört zum System der Röhrenkessel und leistet 10 Pferdestärken bei 6 Atmosphären Ueberdruck. Die Drehung des Krahns, die in der Zeichnung nicht angedeutet ist, erfolgt der Originalangabe nach durch Ketten und Kettenrollen.

Der ganze Krahn ist möglichst in Schutzwände und Dächer eingehüllt, so dass Gefahren für den überwachenden Maschinisten kaum vorhanden sind.

D. Gussformen und Durchweichungsgruben.

§ 455. Bezüglich der Gussformen für Converterbetrieb kommt es wesentlich auf zwei Gesichtspunkte an:

einmal auf den weiteren Verarbeitungsprocess, welchem Beschaffenheit, Grösse und Gestalt der Blöcke sich anpassen müssen,

dann auf den Einfluss der Form und Grösse der Blöcke sowie des Materials der Formen auf die Beschaffenheit des Produktes.

Von Beginn der Converterpraxis an entschloss man sich zur Benutzung gusseiserner Blockformen, denen man eine gleichseitig vierkantige, in den Kanten etwas gerundete Querschnittsgestalt gab, während man sie der Länge nach leicht pyramidal gestaltete, um die Blöcke leichter herausnehmen zu können.

Zur grösseren Erleichterung des letzterwähnten Vorganges machte man die Blockformen oben und unten offen und stellte sie beim Abguss genau auf geeignete Untersätze, welche in der Giessgrube fest oder beweglich eingelegt waren.

Man bemass die Grösse der Blöcke anfänglich genau nach der Schwere der darzustellenden Stücke, indem man an der ungetheilten Verarbeitung der Blöcke einstweilen festhielt und erst später ein anderes Princip adoptirte.

Ebenso benutzte man anfänglich nur Formen von quadratischem Querschnitt mit gerundeten Kanten, und erst mit der erweiterten Benutzung des Converterproduktes ging man auch zu anderen, der Weiterbearbeitung sich mehr und mehr anpassenden Blockformen über.

So weit, wie z. B. bei manchen Paketirungs- und Schweissarbeiten, ging indess diese Anlehnung an den Verarbeitungsprocess nicht, weil bei der Füllung der Blockformen immer mit einer bestimmten Zeit gerechnet werden musste, die sich in den Arbeitsorganismus der Converterhütte einzufügen hatte.

Das Material der Gussformen anlangend, benutzte man von Anfang an ein festes Gusseisen und goss die Formen in bestimmter, nicht zu geringer Wandstärke, schon um die Stabilität beim Abstechen nicht zu gefährden und um die Formen nicht zu schmelzen.

Das Gusseisen wirkte naturgemäss immer ein wenig abschreckend, wie dieses die Textur der Blöcke auf dem Querbruch leicht erkennen lässt. Kein anderes Material vermochte aber die erforderliche reine Oberfläche der Blöcke zu geben, und das Abschrecken reducirte sich im Betrieb durch die sich steigernde Vorwärmung der Blockformen von selber.

Ein mehr ökonomischer Punkt bei der Materialfrage der Blockformen waren die Dauer der Formen und die Möglichkeit wiederholter Benutzung.

Dieser letztgenannte Umstand bedingte eigentlich gebieterisch die Wahl eines billigeren Metalls als Material von hinlänglicher Festigkeit und Strengflüssigkeit.

§ 456. Was die Gestalt und Grösse der Blockformen anlangt, so blieb man mehr oder minder bei der anfänglich gewählten Gestalt der Formen stehen und liess nur die Grösse variiren.

Der Grundriss ist fast stets quadratisch mit gerundeten Ecken oder rund, zuweilen kommen rechteckige und bei sehr schweren, zur weiteren Ueberschmiedung bestimmten Blöcken achteckige Gestaltungen des Grundrisses vor. Anders gestaltete Blockformen, die man zur Ersparniss an Arbeit bei dem weiteren Verwalzen in Vorschlag gebracht hat, haben sich wenig bewährt.

Die Blöcke haben stets ein gewisses, auf Erfahrung begründetes Verhältniss zwischen Höhe und Weite, welches vorwiegend sich durch 3 : 1 ausdrückt.

Nimmt man den Durchmesser kleiner, so kann für gegebene Verhältnisse die spätere Walz- oder Schmiedearbeit verringert werden, aber gleichzeitig steigt, wegen der grösseren Geschwindigkeit der Abkühlung, die Schwierigkeit, dichte Güsse zu erzielen; auch bringt die raschere Abkühlung noch andere, für die weitere Bearbeitung unvortheilhafte Veränderungen mit sich.

Geht man andererseits in dem Verhältniss der Höhe unter das Dreifache der Dicke herunter, so entstehen, abgesehen von einer unter Umständen möglichen Vertheuerung der nachmaligen Bearbeitung, anderweitige Nachtheile durch das gesteigerte Missverhältniss zwischen dem Schwinden der äusseren Schale und des inneren Kerns.

Zu der nach der Blockdicke ermittelten Höhe tritt noch ein gewisses Uebermaass hinzu, um die Füllung nicht bis zum Rand vornehmen zu müssen und ein bequemeres Verschliessen zu haben. Für die meisten Verhältnisse genügen 100—150 mm Zuschlag zur Blockhöhe.

Die Anfertigung der Blockformen geschieht aus dem besten, zähesten Gusseisen, das man sich verschaffen kann. Ein gutes Material ist das Bessemereisen selbst, wenn es hinlänglich feinkörnig ist oder mit Coquillenbruch gemischt wird. Auch Zusätze von Flusseisenabfällen, welche mit auf dem Cupolofen aufzugeben sind, machen das Gusseisen fester und feinkörnig. Man giesst die Formen natürlich unter Vermeiden alles Abschreckens in Lehm oder Masse und lässt sie möglichst langsam abkühlen.

Die Wandstärke wird gewöhnlich auf 50 mm bemessen, steigt aber auch auf 100 mm, je nach Grösse und Dicke der Blöcke. Mit Zunahme der Wandstärke wächst natürlich die abschreckende Wirkung auf die äusseren Schichten des Blockes, und man muss deshalb die Wandstärke so gering nehmen, als es die Rücksicht auf die Haltbarkeit nur zulässt.

Die so hergestellten Blockformen halten etwa 50—60 Güsse aus, ehe sie Risse zeigen, welche auf der Mitte der Seiten sich bilden, nicht, wie man annehmen möchte, in den Winkeln oder Ecken des Grundrisses.

§ 457. Die Aufstellung der unten offenen Formen geschieht vorwiegend lose auf eisernen Böden, welche auf der Sohle der Giessgrube eingelassen sind.

Diese Böden sind meist einfach glatte Platten, auf denen die Formen mit den ebenen Anschlussflächen aufstehen, ohne eine sonstige Passleiste etc.

Nur bei stark zu verkeilenden Formen muss eine solidere Verbindung von Boden und Mantel vorhanden sein, welche man so bewirkt, dass sie sich leicht lösen lässt, sobald der Erstarrungsprocess beendet ist. Eine derartige Verbindung kann z. B. so eingerichtet sein, dass die Bodenplatte seitlich vorstehende Lappen hat, in welchen schmiedeeiserne, aufrechtstehende Dübel befestigt sind.

Die Enden derselben haben vierseitig geschmiedete, mit Keillöchern versehene Köpfe, welche genau zwischen je zwei an dem Formmantel angegossenen Vorsprüngen durchgehen und über denselben mit durchgesteckten Keilen fest angezogen werden. Ein guter und genauer Anschluss von Boden und Mantel muss hierbei vorhanden sein.

Den leicht ausbrennenden Boden schützt man am besten durch feuerfeste Einlagen, die aus in die flache Höhlung des Bodens eingestrichener Chamotte bestehen und leicht zu erneuern sind.

Weit complicirter in der Aufstellung sind die auf Taf. XV und XXV leicht erkennbaren Gruppenformen mit centralem Einguss und steigender Bewegung des Metalls in den Formen selbst.

Wie auf Taf. XV angedeutet, sind vier kleinere um einen grösseren runden Ingot gruppirt, welcher die anderthalbfache Höhe jener hat und mit denselben durch in der gemeinschaftlichen Grundplatte vorgesehene Laufrinnen verbunden ist.

Auf Taf. XXV erkennt man in der einen der Darrkammern *NN* zwei Böden für Gruppenformen auf dem einen, eine Reihe von sieben Eingusstrichtern auf dem anderen Wagen.

Die Gruppenform besteht aus sechs Ingotformen mit centralem, etwas höherem Trichter; dieser und die in der Bodenplatte ausgesparten Kanäle sind mit besonderen, ineinander zu steckenden Stücken aus hartgebranntem feuerbeständigsten Material gefüttert, mit deren Herstellung die Fabriken feuerfester Produkte sich zu beschäftigen haben.

Derartige Gruppenformen werden meist fertig zusammengebaut in die Damm- oder Giessgruben gestellt; oft fährt man sie auf Rädergestellen in die ersteren hinein und zieht sie auf der anderen Seite wieder hinaus u. s. f.

Ausser dieser gruppenweisen Anordnung von Formen um einen centralen Eingusstrichter hat man eine grosse Anzahl verschiedener, anderweitiger Dispositionen vorgeschlagen, welche wesentlich die Beseitigung der Gasausbrüche oder deren Minderung zum Zweck hatten.

Man hat auch, um verschieden grosse Ingots in derselben Gruppe zu giessen, aufrechtstehende und schrägliegende Formen combinirt und auf dieselbe Kanalplatte gestellt.

§ 458. Bezüglich der Herstellung von Blockgruppenformen ist auf die den Herren Kurzwernhart und E. Bertrand patentirten Gruppenformen für kleine Blöcke hinzuweisen, welche Einrichtung durch das in Oesterreich erklärlicher Weise stark hervorgetretene Bestreben hervorgerufen wurde, dem weichen Schweisseisen der alpinen Industrie möglichste Concurrenz zu machen und aus dem Converterprodukt auch mittlere und feine Walzeisensorten herzustellen.

Die Herstellung kleiner Blöcke erwies sich aber als schwierig, weil das ganz weiche, zu der kleinen Waare geeignete Flusseisen (0,056—0,07/$_{00}$ *C*, 0,16—0,20/$_{00}$ *Mn*, 0,017—0,03/$_{00}$ *P*) die Eigenschaft des Schrumpfens oder „Nachsitzens" in starkem Maasse besass, und weil sich derartig dimensionirte Blöcke auch auf dem Weg des communicirenden Gusses mit Vortheil nicht mehr herstellen liessen.

Das Princip der von den genannten Ingenieuren in sehr verschiedener Ausführung behandelten Giessmethode lässt sich in Folgendem wohl erkennen.

An einem Hauptingot, der in Teplitz Gassammler genannt wird, weil ihm hauptsächlich die Rolle zufällt, die von den Nebeningots ausgestossenen Gase aufzunehmen, sitzt entweder am Boden oder an den Seiten eine grössere Anzahl verticaler oder geneigt gestellter, engerer Ingotformen, die ersteren etwa wie die Röhren eines Field'schen Kessels, die anderen wie die schrägen Sieder eines anderen Kesselsystems.

Ein unmittelbarer metallischer Anschluss musste der dadurch ziemlich unmöglichen Auseinandernahme halber vermieden werden, und deshalb trennten die Construkteure den Oberingot von den anzuhängenden kleineren Blöcken schon in der Form selbst mittelst einer durchbohrten Platte aus feuerfester Masse.

Bei seitlich angehängten Ingots bildete man die ganze Form aus aufeinander passenden Gusseisenplatten, welche da, wo der Einguss aus dem Oberingot hereintrat, Einsätze von feuerfester Masse hatten. Um in dem Oberingot nicht zu viel Metall zu verlieren, bildete man seine ursprünglich länglich-prismatische Gestalt in eine niedrigere, oben sich erweiternde, einem Eingusstrichter ähnlichere Gestalt um, den man mit feuerfester Substanz fütterte und auf die durch eine mit der entsprechenden Zahl Oeffnungen versehene Chamotteplatte bedeckte Ingotform setzte.

Später und bei etwas lebhafterem Betrieb gelangte man zu noch anderen Combinationen, Doppelreihen von Formen, Trennung der Eingusslöcher in der Oberform durch aufgesattelte Rücken von Masse u. a. m.

Schliesslich bildete man, besonders bei den seitlich angeschlossenen, schrägliegenden Ingots, ein Radialsystem von Blockformen mit centralem Hauptingot aus, dessen Metall man noch dazu nach erfolgter Entgasung und Beruhigung nach unten hin abzapfte, um eine wirkliche Verwendung anzustreben.

Wegen der Details und Zeichnungen ist auf die Quelle (Stahl und Eisen 1887, S. 443) zu verweisen, welche einen wichtigen Beitrag zu der weiteren Einführung des weichen Converterproduktes in den bisherigen Kreis der Schweisseisenerzeugnisse bildet.

§ 459. Im Anschluss an die Gussformen werden noch die verschiedenen Versuche, das Converterprodukt beim Giessen zu comprimiren, zu erwähnen sein, welche auf verschiedenen Grundsätzen beruhen.

Whitworth in Manchester wandte zuerst einen beträchtlichen Druck an, um das Austreten der Gase zu verhindern und einen ausserordentlich dichten Stahl zu erhalten.

Thurston berichtet in the Metallurgical Review 1877, S. 4, dass bereits 1870 ein comprimirter Stahl von ausserordentlicher Festigkeit, Geschmeidigkeit und Gleichmässigkeit erhalten worden

wäre, der sich mit bewundernswerther Bequemlichkeit mit Werkzeugen bearbeiten liess. Das angewandte Mittel war der Druck einer hydraulischen Presse, welche durch eine Oeffnung im Deckel der genügend verstärkten und gesicherten Form einen Bolzen von Stahl oder anderem Material in das flüssige Metall eintrieb.

Ein Druck von 20 Tons pro engl. Quadratzoll genügte, um aus einem sonst zu einem werthlosen Produkt erstarrenden Metall Produkte von 80,000 bis 150,000 Pfund (pro Quadratzoll) absoluter Festigkeit und einer Dehnbarkeit zu produciren, welche von $35/_{00}$ im weichen zu $14/_{00}$ im harten Metall variirte.

Kanonenrohre, aus dem weichen Metall hergestellt, zerspringen, wenn sie bersten, nicht wie die in gewöhnlicher Weise gegossenen Rohre, sondern öffnen sich einfach längs der Linie geringster Widerstandsfähigkeit.

Whitworth hat constatirt, dass der unter Druck erstarrte Stahl anderthalb Zoll pro Fuss schwände (?), welche Thatsache ein gutes Anzeichen für den Vortheil des Pressens sowie einen indirekten Beweis für die lose Textur der in gewöhnlicher Weise erstarrten Blöcke geben würde.

Die Veränderung der Textur durch die Anwendung des Druckes erscheint den von Whitworth bei verschiedenen Veranlassungen ausgestellten (Paris 1878) Mustern nach enorm. Anstatt eines sowohl im Innern wie am Rande (durch Wurmröhren) blasig gewordenen Gefüges von grobblätteriger und splitteriger Beschaffenheit erblickt man auf dem Bruchquerschnitt der gleichgrossen gepressten Blöcke das gleichmässig mittelkörnige Gefüge, wie es bereits geschmiedete oder sonstwie verdichtete Güsse gewöhnlich zeigen.

Als einzige besondere Vorsicht bei der Ausführung des Verfahrens wird von Thurston noch hervorgehoben, dass die Einrichtung bequem genug getroffen werden muss, um das Drücken des flüssigen Metalls vor dem Eintritt der Erstarrung zu beginnen.

Auch die nothwendige Festigkeit der Blockformen muss unter allen Umständen gesichert sein, da sonst Unglücksfälle kaum zu vermeiden sein würden. — Das Verfahren selbst ist, wie die Whitworth'schen Werke selber, äusserst selten gezeigt worden.

§ 460. Unter anderen hierher gehörigen Vorschlägen mag nur das Verfahren von Friedrich Alfr. Krupp in Essen (D. R.-P. No. 17056 vom 30. Juni 1881) erwähnt werden, welches darin besteht, die gleich nach dem Giessen luftdicht zu verschliessende Form mit einem Behälter in Verbindung zu setzen, der eine unter gewöhnlichem Druck und gewöhnlicher Temperatur gasförmige Substanz, z. B. Kohlensäure, in tropfbar flüssigem oder festem Zustand enthält.

Das obere Stück der Giessform soll mit einem feuerfesten Futter ausgekleidet werden, um die Gussschale oder Blockform warm zu erhalten. Dieses Futter kann einfach in die glatte Form eingelegt werden (wodurch allerdings der Kopf des Blockes in der Dicke verringert würde), oder es ist in die Wand der Form einzulassen, so dass seine Innenfläche mit der der Blockform übereinstimmt und zusammenfällt. Unmittelbar nach dem Guss wird das Metall mit einem schlechten Wärmeleiter, Sand, Erde oder Schlacke etc. (kalt oder warm), bedeckt, dann wird die Form schnell dicht verschlossen und das Ventil am Kohlensäure- etc. Behälter geöffnet. Das Gas, das sich in Folge der Druckverminderung entbindet, tritt durch die vorhandenen Verbindungsröhren in die Form über der Schlacken- oder Sandschicht ein und übt auf das flüssige Metall den gewünschten Druck so lange aus, als im Gusse selbst die Tendenz zur Bildung von Hohlräumen noch vorhanden ist.

Die in fester oder flüssiger Form anzuwendende expandirende Substanz (Kohlensäure, schweflige Säure etc.) wird in röhrenförmigen, schmiedeeisernen, ganz geschweissten Behältern aufbewahrt, welche durch ein geeignetes Ventil vollkommen dicht verschlossen sind. Der Verschluss trägt ein seitliches kurzes Anschlussrohr mit Gewinde, welches mit der an der Blockform angebrachten Zulassungsröhre (in welche ein Manometer eingeschaltet sein kann) durch eine aufzuschraubende Muffe verbunden wird.

Durch Einhängen des zu gebrauchenden Behälters in ein Bad, das mit Dampf geheizt werden kann, vermag man den Druck ausserordentlich zu steigern. Flüssige Kohlensäure gibt bei 15^0 schon 52 Atmosphären, bei 35^0 bereits 82; neuere Versuche ergaben bei 100^0 ca. 40 Atmosphären, bei 200^0 aber 800 Atmosphären.*)

Die Erwärmung durch ein Oelbad etc. ist, trotzdem der Druck an sich auch ohne diese Erwärmung genügte, vortheilhaft, weil auf diese Weise die Vergasungswärme der Kohlensäure rasch wieder ersetzt wird.

Der Verschluss wird durch eine unmittelbar unter dem Deckel eingelegte kupferne Manschettenliderung bewirkt, welche durch den Gasdruck sich immer enger an den Deckel anschliesst.

Auch auf verschlossene Formen mit Guss von oben oder von unten gibt das Krupp'sche Patent Anwendungen des Gasdruckverfahrens.

*) Da Müller für den Druck, unter welchem die eingeschlossenen (legirten) Gase im Convertermetall sich befinden müssen, 4 Atmosphären in kaltem Zustand, mithin über 20 Atmosphären in der Temperatur des flüssigen Metalls herausrechnete (vgl. S. 186, § 63 dieses Bandes), so erscheint der Kohlensäuredruck schon bei 15^0 ausreichend, das Metall zu dichten.

Die Ansprüche sind:

1. Erzeugung dichter Güsse durch Expandirung festen oder flüssigen Gases, in erster Linie Kohlensäure;
2. Decke aus schlecht leitendem Material, vorzugsweise flüssiger Schlacke;
3. Anwendung federnder Metallmanschetten.

Die Durchweichungsgruben.

§ 461. Die Durchweichungs- oder Ausgleichgruben, eine Erfindung des vielgenannten J. Gjers in Middlesbro', sind Einrichtungen, welche zur Erhaltung und zur gleichmässigen Vertheilung der nach dem Giessen in den eben erstarrten Blöcken vorhandenen Hitze dienen sollen.

Die Erkenntniss, dass diese aus der Giesshitze des flüssigen Metalls und aus der beim Erstarren freigewordenen latenten Wärme sich zusammensetzende Wärme ausreichen würde, um das Walzen der Blöcke zu ermöglichen, war schon längst vorhanden, man kannte aber kein Mittel, diese Wärme bis zur gleichmässigen Erhitzung der Blöcke innen und aussen auszugleichen.

Aussen waren die frei abgekühlten, wenn auch noch rothwarmen Blöcke bereits zu kalt zum Walzen, im Innern dagegen oft noch zu warm, und es mussten die Blöcke vor dem Verwalzen stets längere Zeit in einem geeigneten Wärmofen eingesetzt bleiben.

Das Bedecken der Blöcke mit Schirmen oder Kappen und das Vergraben in nicht leitende, pulverförmige Substanzen haben sich als praktisch undurchführbar erwiesen, so dass man immer wieder zur Einschaltung von Wärmöfen zurückgreifen musste.

Gjers schlug in seinem ersten Patent (D. R.-P. vom 9. Mai 1882) vor, die Blöcke in einzelne besondere, zu Gruppen vereinigte Kammern oder Zellen einzusetzen, welche von einem Krahn beherrscht werden und deshalb meist nach der Kreislinie des Auslegerhakens angeordnet sind.

Bei Giessvorrichtungen mit centralem Giesskrahn oder mit einem kreisförmig schwingenden Fahrkrahn muss der betreffende Aushebekrahn sowohl die Giessgrube oder den Giessgraben als auch die Reihe der Durchweichungsgruben beherrschen, weshalb die Lage der letzteren von der Anordnung der ganzen Giessvorrichtungen abhängig ist.

Bei der Benutzung von Giesswagen und fahrbaren Krahnen kann man direkt die Durchweichungsgruben als Giessgräben benutzen und nutzt in Folge dessen die Giesshitze sowie die latente Wärme noch weit mehr aus. Ausserdem kann man dann die Durchweichungsgruben in die Nähe der Walzwerke legen und sie in unmittelbare Nachbarschaft der Wärmöfen bringen (Witkowitz).

In späteren Patenten von Gjers (D. R.-P. No. 22803) und von Cooper zu Linthorpe (D. R.-P. No. 25486) wurden auch fahrbare Zellen, horizontale Anordnungen derselben, grosse Kanäle mit Rollen auf den Böden, Tunnels in Verbindung mit der Giessgrube etc. in Vorschlag gebracht, welche die Benutzung des Ausgleichprincips erleichtern und damit verbreiten sollten.

Auch Hülfsfeuerungen mit Gas (Patent der Gesellschaft Cockerill, D. R.-P. No. 24974) sind zur Ergänzung der etwa fehlenden Wärme projektirt worden; doch erscheint in solcher Voraussetzung jeder Rollofen praktischer.

§ 462. Bezüglich der baulichen Ausführung des Betriebs der ursprünglich von Gjers angegebenen Construktion ist Folgendes noch zu bemerken.

Eine Anzahl verticaler Gruben (oder Zellen), ungefähr in gleicher Anzahl, als Ingots bei einer Charge gegossen werden, sind unter der Hüttensohle in feuerfestem Ziegelmauerwerk aufgeführt. Der Querschnitt jeder Zelle entspricht ungefähr dem Querschnitt des Blockes mit Zugabe eines kleinen Spielraums, um für etwaige Gussränder, die am unteren Ende sich bilden könnten, Raum zu haben; die Tiefe ist etwas grösser, als die Länge des grössten Blockes ergibt. Man pflegt in praxi ca. 3 Zoll englisch in der Weite, 6 Zoll englisch in der Höhe zuzugeben.

Die Gruben werden nach der Fertigstellung durch den Bau sorgfältig getrocknet vorgewärmt und zum Glühen erhitzt, ehe sie besetzt werden können.

Sofort nach Lösung der Ingots aus den Formen, welches möglichst schnell zu geschehen hat, bringt sie Gjers mit Hülfe von Wagen und Krahnen in die Durchweichungsgruben, deckt sie mit dem Deckel zu und überlässt sie sich selbst, so dass die Wärme des noch nicht ganz festen Kerns und die der bereits erstarrten Schale sich auszugleichen vermögen.

Da keine Wärme verloren geht, weil der Block von Mauerwerk umgeben ist und dasselbe als Aufspeicherungsmasse wirkt, von deren den Blöcken zugekehrter Fläche sogar eine sehr kräftige Strahlung stattfinden muss, steigert sich die Wärme an der Blockoberfläche äusserst stark, so dass nach 20—30 Minuten (je nach Umständen) der Ingot aus der Grube anscheinend viel heisser herausgenommen wird als er hineinkam.

Gjers scheint gleich bei der ersten Einführung seines Verfahrens als Vortheil gegenüber dem Wärmofenbetrieb eine durchaus gleichartige Erwärmung des ganzen Blockquerschnittes bemerkt und

constatirt zu haben. Dagegen gibt er zu, dass das Aushülsen der Blöcke stets einen Wärmeverlust involvire, nachdem schon beim Giessen selbst das Convertermetall durch Ausstrahlen der heissen Ingotschalen namhafte Wärmemengen verloren hat.

Indess compensire sich dies durch die Wirkung der nach und nach viel heisser werdenden Ausgleichgruben, welche auch in einer anderen Hinsicht vielleicht günstig wirken, nämlich in Bezug auf die Entgasung der Blöcke. Es ist schon früher auf die Zusammensetzung dieser Durchweichungsgrubengase aufmerksam gemacht worden, welche an den Deckelfugen aus der Grube herausbrennen und die atmosphärische Luft vollständig verdrängen, was Gjers als weiteren Vortheil ansieht.

Die absolute Entbehrlichkeit der Wärmöfen ist indess durch die Durchweichungsgruben nicht herbeigeführt worden, und auch die Benutzung als Magazine zwischen Walzwerks- und Converterbetrieb hat sich nicht ausführen lassen.

Am besten ist noch die Ausnutzung der Ausgleichgruben als Giessgruben, ohne die Wärmöfen abzuwerfen, nur mit entsprechender Verminderung von deren Zahl und Grösse, weil nicht mehr alle Blöcke nachzuheizen sind. Man kann sie aber auch nur für bestimmte, nicht an scharfe Bedingungen gebundene Massenfabrikation empfehlen, nicht da, wo grosse und wechselnde Anforderungen gestellt werden.

E. Nebenapparate und Gebläse.

§ 463. Zu den Nebenapparaten des Bessemer- und Thomasbetriebs, soweit es sich um die Herstellung der Blöcke handelt, werden vor Allem die übrigen Transporteinrichtungen, dann die Bestandtheile des hydraulischen Betriebs selbst, die Pumpen, Accumulatoren und die Vertheilungs- und Steuerapparate, schliesslich auch die Gebläse zu rechnen sein, obwohl man letztere füglich als wichtige Einrichtungen den Hauptapparaten zuzählen könnte.

Sie sind indessen nicht in gleichem Maass dem Converterprocess auf den Leib geschnitten und gehören einer allgemein verwendbaren Klasse von Betriebsvorrichtungen des Eisenhüttenwesens an, deren Leistung zwischen denen der im I. Band behandelten Hochofengebläse und der eigentlichen Compressoren liegt.

In der allgemeinen Anordnung reihen sie sich deshalb auch den Hochofengebläsen an, mit der Einschränkung, dass wegen des rascheren Ganges umfängliche Uebertragungen vermieden und compendiöse Bauarten vorgezogen werden.

Transporteinrichtungen.

§ 464. Die hier noch zu erwähnenden Transporteinrichtungen bestehen in Blockkrahnen zum Ausheben der Blöcke und zur Bedienung der Giessgruben überhaupt, sonstigen Krahnen, Brückenwinden etc., endlich in Aufzügen und Hebevorrichtungen für verschiedene Zwecke, welche aber stets mit nur verticaler Bewegungsrichtung versehen sind.

§ 465. Die Blockkrahne. Der Betrieb der Dammgruben verlangt eine Reihe von Krahnen, welche die Blockformen einzusetzen, die erstarrten Blöcke zu entfernen und überhaupt den Transportdienst bei dem Betrieb zu thun haben.

Schwerere Dienste sind dabei in der Regel ausgeschlossen, doch sind auch wohl bei kleineren Anlagen die Ingotkrahne anfänglich auch hierfür in Anspruch genommen worden, was indess später nicht mehr praktisch sich erwies.

Man benutzt hierzu jetzt vorwiegend grosse Laufkrahne, welche die Converteranlage beherrschen, oder baut starke Balken in die Wände ein, um im Nothfall daran Flaschenzüge befestigen zu können.

Der Ingot- oder Blockkrahn unterliegt wesentlich denselben Constructionsbedingungen wie der Stahlkrahn oder Giesskrahn; er ist selbstredend ebenfalls eine hydraulische Hebevorrichtung und unterscheidet sich nur durch eine in der zugewiesenen Aufgabe beruhende grössere Einfachheit bei grosser Beweglichkeit.

Der Aufhängepunkt für die Last muss vor Allem auf dem Ausleger leicht und sicher verschoben werden können, um innerhalb des vom Ausleger beherrschten Grundflächenkreises, naturgemäss nur bis in eine gewisse Nähe des Plungercylinders, möglichst ungehindert jeden Platzwechsel der Last vornehmen zu können.

Auf dem horizontalen Ausleger läuft deshalb eine Katze, an welcher die Last hängt und welche sammt dieser durch einfaches Anziehen an der Aufhängekette verschoben werden kann.

Dass diese Bewegung gleichzeitig mit der Vertical- und mit der Drehbewegung eingeleitet werden kann, gibt dem hydraulischen Blockkrahn, abgesehen von der Einfachheit, den Vorzug vor jedem anderen ähnlichen Mechanismus.

Die Krahne sind natürlich einfach wirkend wie auch die Stahlkrahne, und das Injektionswasser wird denselben in ganz gleicher Weise zugeführt.

Die der Dimensionirung zu Grunde liegende Construktionsbelastung wird sehr verschieden angenommen, je nach der Einrichtung der Anlage. Musil gibt dafür die Grenzen $1^1/_2$ und $7^1/_2$ Tonnen an, wobei die Grösse der Ausladung gewöhnlich 6—8 m, die Hubhöhe 2—3 m beträgt.

Bezüglich der allgemeinen Anordnung folgen die Blockkrahne wohl immer der für den Stahlkrahn gewählten, und man kann deshalb auch hier die vier bereits S. 445, § 436 erwähnten, von A. Musil unterschiedenen Bauarten vorfinden.

Am häufigsten sind allerdings die dort unter 1. und 3. angeführten Anordnungen vorhanden, von welchen die erstere auf Taf. XVII, die zweite in der hier folgenden Fig. 79 dargestellt ist.

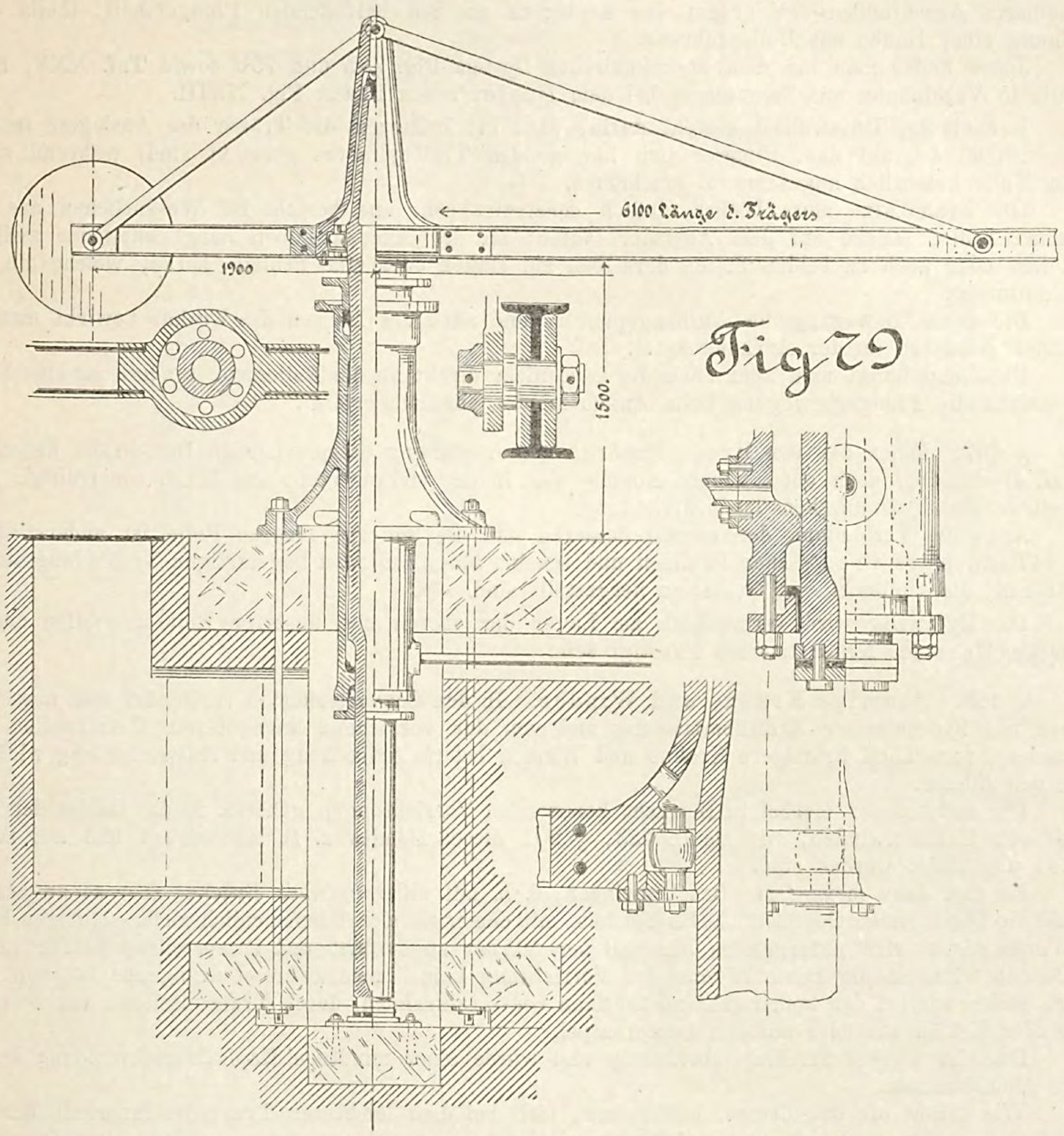


Fig 79

Bezüglich der Wirkungsweise der hydraulischen Hebekrahne gilt dasselbe, was bereits bei den Stahlkrahnen erwähnt worden ist. Ebenso sind die Vergleichsmomente zwischen den verschiedenen Systemen bei den Ingotkrahnen wie bei den Stahlkrahnen zutreffend.

§ 466. Die Plungerconstruktion bietet kein besonderes, von früheren Angaben abweichendes Detail. Je nach der Grösse der Belastung liegt nach Musil der Plungerdurchmesser innerhalb der Grenzwerthe 300 und 500 mm. Es ist schon S. 448 darauf aufmerksam gemacht worden, dass die Angaben Musil's zu schwache Dimensionen ergeben.

Der Ingotkrahn auf Taf. XVII zeigt 600 mm Plungerdurchmesser, obschon aus der allgemeinen Anordnung desjenigen Werkes, in welchem derselbe funktionirt, seine Anwendung zu schwerem Dienst nicht hervorgeht.

Die Ingotkrahne mit abgesetztem, unten ebenfalls in einer Stopfbüchse geführtem Plunger zeigen, wie der Stahlkrahn Fig. 76, entsprechend andere Dimensionen. Der dickere Plungertheil hat 350 mm äusseren Durchmesser, während die schlankere untere Hälfte 250 mm Durchmesser hat.

Ebenso oder ähnlich sind die Durchmesserverhältnisse bei den amerikanischen Ingotkrahnen im Styl der Figuren 75a und 75b; auf der mehrfach citirten Taf. XXV lässt sich ein Durchmesser von pptr. 300 mm ableiten.

Bezüglich der Wandstärken gelten ungefähr dieselben Verhältnisse wie bei den Stahlkrahnen, ebenso bezüglich der Aufhängung oder Befestigung des Auslegers. Dieselbe geschieht theils durch unmittelbares Anschrauben der Träger des Auslegers an den betreffenden Plungertheil, theils durch Anordnung einer Haube mit Rollenführung.

Jenes findet man bei dem amerikanischen System Fig. 75a und 75b sowie Taf. XXV, ferner ebenfalls in Verbindung mit Zugstangen bei dem Daelen'schen Krahn Fig. XXIII.

Der einzige Unterschied besteht darin, dass bei letzterem die Träger des Auslegers in gusseiserne Schuhe des auf dem Plunger sich bewegenden Treibcylinders gesteckt sind, während sie im anderen Falle äusserlich angeschraubt erscheinen.

Die Krahnkatze muss höchst einfach construirt sein und besteht im Wesentlichen aus zwei oder einer Rolle, welche auf dem Auslader laufen; an der Axe derselben hängt entweder zwischen den Rollen oder auch zu beiden Seiten derselben ein Haken oder eine Schleife herab, welche die Last direkt aufnimmt.

Die ganze Bewegung des Aufhängepunktes und auch das Drehen des Krahns bewirkt man einfach durch Anziehen an der Aufhängekette.

Manchmal hängt man aber auch die Last nicht direkt an die Rollenaxe, sondern an eine Feder, durch welche die Plungerbewegung beim Anhub minder plötzlich erfolgt.

§ 467. Einen der von Bredt beschriebenen Anordnung entsprechenden Ingotkrahn findet man auf Taf. II skizzirt, doch ohne nähere Angabe der in der vierkantigen, aus Blech construirten Hohlsäule steckenden hydraulischen Treibvorrichtung.

Auch die Verbindung der oberen äusseren und der unteren inneren Rolle ist anders als bei den § 447 erwähnten Bredt'schen Krahnen und scheint bloss aus zwei bügelartigen Verbindungsstücken zu bestehen, die vielleicht von Gusseisen hergestellt sind.

Die Hydraulik wird vermuthlich am Lager der oberen und äusseren Rolle angreifen und auf der Rückenfläche des Krahnstammes befestigt sein.

§ 468. Sonstige Krahne und Winden. In den Converterhütten verwendet man ausser den Krahnen mit hydraulischer Kraftübertragung und von der vorstehend angegebenen Construktion auch noch andere, zum Theil kräftigere Krahne und Winden behufs Aufstellung und Auswechselung wichtiger Theile der Anlage.

Die meisten der hierbei in Betracht kommenden Vorrichtungen gehören in das Gebiet der Laufkrahne oder Brückenwinden, wie sie S. 123, § 201 dieses Bandes z. B. beschrieben und auf S. 138 und 141 abgebildet worden sind.

Es sind dann meist feste Brückenwinden, d. h. mit unbeweglicher Brücke, aber so angeordnet, dass sie die betreffenden Gegenstände bestreichen, mit denen sie sich hauptsächlich zu beschäftigen haben. Die Winde selbst wird naturgemäss hin und her fahrbar angeordnet und entsprechend kräftig gebaut. Der Betrieb wird, da die Beschäftigung der Vorrichtung keine immerwährend drängende ist, von Hand geführt, nicht, wie bei den immerwährend thätigen Giessereikrahnen, durch Transmissionen von bewegten Seilen oder Ketten aus oder mittelst Dampfhaspel.

Dies ist hierbei durchaus überflüssig und würde einer unnützen Kapitalverschwendung bei der Anlage gleichkommen.

Wie schon oft angedeutet, behilft man sich bei dem leichteren Transport innerhalb der Converterhütten, soweit die Block- und Stahlkrahne nicht in Anspruch genommen werden, mit aufgehängten Differentialflaschenzügen, wogegen die sich auf die Bessemerapparate beziehenden Arbeiten mit dem entsprechend gebauten Brückenkrahn erledigt werden.

Dass ein das ganze Werk, d. h. die Giesshalle beherrschender Laufkrahn, wie ihn die Maschinenfabriken und Eisengiessereien mit Vortheil benutzen, jeden Augenblick bequeme Hülfe gewährt, ist zweifellos, und bedeutende Anlagen sollten nicht ohne dieses Hülfsmittel arbeiten, welches nur bei dem Entwurf und der Ausführung der Seitenwände der Halle eine gewisse Vorsicht und die Anstrebung einer gewissen Festigkeit zur Bedingung macht.

Dass man ausserdem auch wohl zu Drehkrahnen mit Hand- und Dampfbetrieb greift, ist nicht ausgeschlossen, da Funktionen auszuführen sein können, welche sich auf diese Weise mit grösserer Leichtigkeit vollziehen lassen.

§ 469. Einen freistehenden hydraulischen Krahn von 3000 Kilo Tragkraft mit grösserer Hubhöhe, als sich in bequemer Weise durch einfachen Kolbenhub erreichen lässt, beschreibt R. Bredt in Stahl und Eisen 1885, S. 285.

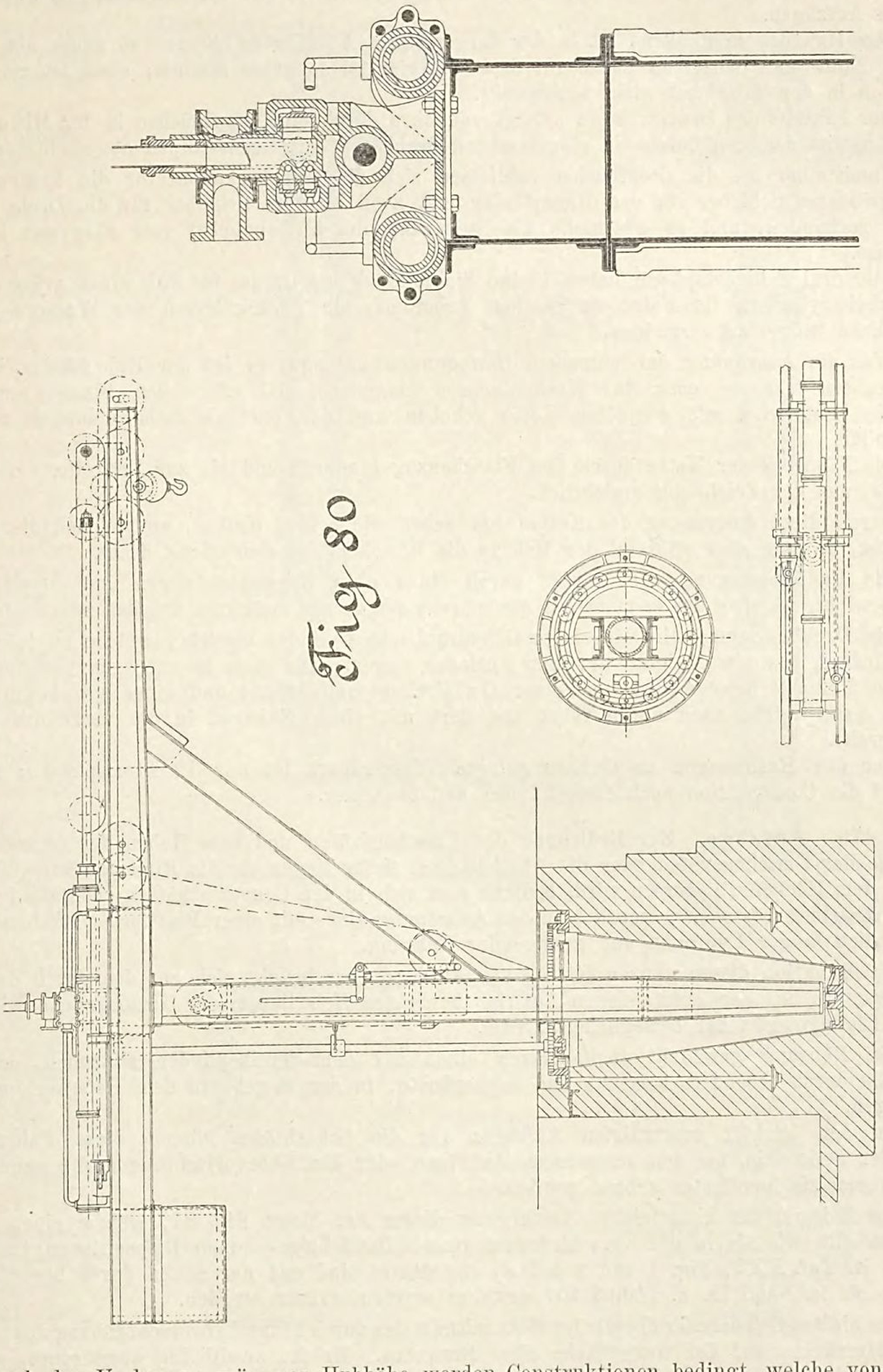


Fig 80

Durch das Verlangen grösserer Hubhöhe werden Constructionen bedingt, welche von denen der gebräuchlichen hydraulischen Krahne sehr erheblich abweichen.

In Fig. 80 ist ein solcher Krahn aus der Fabrik L. Stuckenholz in Wetter a. d. Ruhr dargestellt, welcher bereits für mehrere Stahlwerke ausgeführt worden ist.

Der allgemeine Bau des Krahns ist freistehend und mit dem Fairbairn'schen Fundament versehen, doch lässt sich der Krahn auch mit oberem und unterem Zapfen nach Art der Giessereikrahne construiren.

Die Bewegung der Last erfolgt durch Hubmultiplication, wie bei den Band II, S. 244 u. ff. geschilderten Aufzügen.

Der Hub des Lasthakens ist in der dargestellten Ausführung doppelt so gross als der Kolbenhub, doch kann man denselben ebensogut drei- bis viermal so gross machen; auch ist man bei dieser Construktion in der Tragkraft nicht beschränkt.

Der Eintritt des Druckwassers erfolgt von oben durch eine Stopfbüchse in der Mitte der Krahnaxe, der Austritt dagegen durch ein ringförmiges, drehbares, mit Lederstulpen abgedichtetes Rohrstück.

Unmittelbar an die Stopfbüchse schliessen sich die Schieberkasten für die Steuerung an; es sind ein grösserer Schieber für den Hubcylinder und zwei kleinere Schieber für die Dreh- und Radialbewegung vorhanden, und es geschieht die Steuerung durch Handhebel vom Flur aus in übersichtlicher Weise.

Alle drei Schieberspiegel haben kleine Sicherheitsklappen, um im Fall eines grösseren Druckes in den Arbeitscylindern (in Folge zu raschen Arbeitens) ein Zurückfliessen des Wassers zu erlauben und schädliche Stösse zu vermeiden.

Was die Anordnung der einzelnen Bewegungen anlangt, so ist der Hubcylinder in der Mitte des senkrechten Trägers oder des Krahnstammes eingebaut und trägt der Plunger zwei Kettenrollen. Die Last wird mit doppelter Kette gehoben und der Lasthub deshalb doppelt so gross als der Kolbenhub.

Die Führung der Kette durch den Flaschenzug hindurch und bis zur Endrolle, um die sie sich schlingt, ist aus der Zeichnung ersichtlich.

Durch diese Anordnung des Kettenzugs heben die beiden Ketten, an welchen die Last hängt, **gleichzeitig**, so dass also während des Hebens die Flaschenrolle sich nicht dreht.

Die Radialbewegung wird direkt durch einen oben liegenden langen und doppelt wirkenden Cylinder bewirkt, welcher des bequemeren Ausbohrens wegen aus mehreren Stücken zusammengesetzt ist.

Die Drehbewegung wird durch zwei hydraulische Cylinder bewirkt, welche zu jeder Seite des langen Cylinders, nur etwas tiefer, auf dem Auslader liegen. Die stets in entgegengesetztem Sinn sich bewegenden Plunger bewegen mittelst einer Gall'schen Gelenkkette und einer gezahnten Rolle eine senkrechte Axe, welche nach unten führt und dort mit einem Zahnrad in die verzahnte Fundamentplatte eingreift.

Der den Rechnungen zu Grunde gelegte Wasserdruck ist nur 12 Atmosphären; für höheren Druck wird die Construktion noch compendiöser und bequemer.

§ 470. Aufzüge. Zur Bedienung der Umschmelzöfen und zum Heben der Chargen, im Fall die Abstiche der Umschmelzöfen oder die Abstichkessel tiefer liegen als die Rinnenanfänge, ebenso wenn direkt aus dem Hochofen gegossen wird, bedient man sich in den Converterhütten ebenfalls hydraulischer Aufzüge. Dieselben bestehen wesentlich in der Anordnung eines mit einer Plattform versehenen Plungers mit hinlänglich langer Laufbahn und genügender Führung.

Die Funktion dieser ganzen Klasse von Aufzügen beschränkt sich auf den durch das Eintreten des Druckwassers und den entstandenen Auftrieb bewirkten Hebedienst; der Niedergang erfolgt lediglich durch das Eigengewicht der beweglichen Theile.

Die Führung geschieht theils durch einen auf dem Treibcylinder sitzenden, ausgebohrten Theil, theils durch besonders montirte und angeordnete, in der Regel von dem Hebewerk unabhängige Einrichtungen.

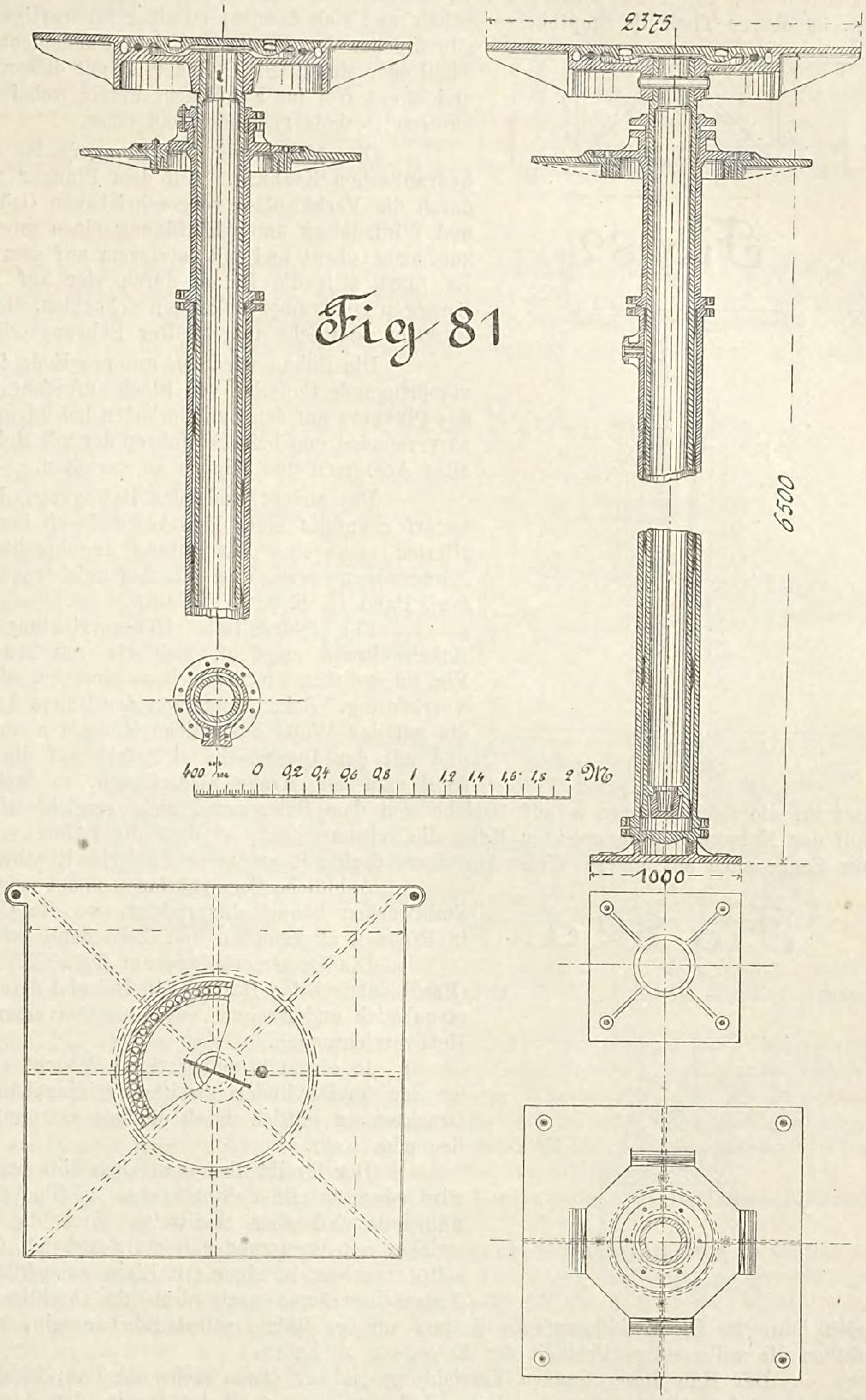
Bei den leichter construirten Aufzügen für die Schachtöfen können diese Führungen zwei Stangen oder Seile sein, bei den schwereren Aufzügen oder den Hebevorrichtungen für ganze Roheisenchargen müssen sie handfester gebaut werden.

Ein Beispiel für eine leichte Ausführung dieser Art bietet Fig. 81, welche einen der Gichtaufzüge vorstellt, wie sie in den verschiedenen, diesem Band beigegebenen Dispositionen von Bessemeranlagen, z. B. Taf. XXV, Fig. 1 und 2 bei *A*, angedeutet sind und nur selten durch besondere Dampfhaspel, wie sie in Band II, S. 240, § 407 erwähnt wurden, ersetzt werden.

Der hinlänglich hohe Treibcylinder steht mittelst des durch Flanschenverschraubung angeschlossenen breiten Bodenstückes auf der Grundfläche eines Brunnens. Er ist zweitheilig angeordnet, so dass der Obertheil, welcher kürzer ist, als Stopfbüchse dient und die Führung übernimmt. Am oberen Ende des Unterstückes befindet sich der Wasserzutritt, so dass aus den zur Unterbringung der Leitung vorgesehenen Kanälen oder Röschen unter der Hüttensohle die Zuleitungsröhren bequem zum Treibcylinder geführt werden können. Der Obertheil wird durch einen breiten achteckigen Flansch und vier Schrauben zwischen

vier schwalbenschwanzartigen Kämmen der viereckigen Brunnendeckplatte befestigt, welche wiederum durch Grundschrauben auf dem Wandmauerwerk des Brunnens festgezogen ist.

Auf dem Kopf des Plungers sitzt, fest verkeilt, die viereckige Plattform, unterhalb durch einen kreisförmigen Flansch und acht Rippen, die von demselben auf die Mitten der Seiten zu, wie auch in die Ecken der Plattform auslaufen, verstärkt. In der Plattformconstruktion ist auf der Oberseite ein kreisrundes Stück lose eingelassen, welches auf einem Kugelkranz beweglich ist. Der Kugelkranz (in den beiden Verticalprofilen der Fig. 81 schwarz ausgefüllt) liegt in einer genau halbcylindrischen, kreisförmigen Nuth des festen Plattformtheils, und mit einer fast genau entsprechenden Nuth legt sich der bewegliche Einsatz auf die Kugelreihe.



Zwei Oeffnungen mit versenkter Oese gestatten ganz leicht das Drehen des Einsatzes durch Einstecken von Brechstangen. Aus dem grössten der Grundrisse ist die Führung durch Rundstangen oder Drahtseile an zwei Ecken der Plattform deutlich erkennbar; die anderen Ecken können an der Wand geführt werden, an welcher der Aufzug aufgestellt ist.

Eine noch einfachere, weil nur zweimalige Führung der Plattform, zeigt der Grundriss Fig. 4 der Taf. XXIII unter 13. Die Seiten des Aufzugs rollen mittelst glatter, in Scheeren an der Bühne befestigter Rollen auf zwei vertical aufgestellten Eisenbahnschienen, von denen die eine unmittelbar auf der Rückwand der Schmelzhütte, die andere dagegen mittelst zweier Winkel auf der Seitenwand des Schmelzhauses befestigt ist.

§ 471. Einen kräftigeren Aufzug beschreibt Musil (a. a. O., S. 313) unter der Bezeichnung Roheisenkrahn und bildet denselben unter Fig. 30 und 31 der Tafel *B* ab. Derselbe ist in der nachstehenden Figur 82 wiedergegeben, aus welcher hervorgeht, dass der Plungercylinder zweitheilig ist, im oberen Theil die Stopfbüchse enthält und sich daselbst zu einer tellerartigen Fussplatte erweitert, mit welcher der Krahn auf dem Fundament aufruht. Der untere Theil oder eigentliche Cylinder ist mit dieser Fussplatte verschraubt und hängt frei ins Fundament hinab, wobei die Zugänglichkeit des unteren Deckels gesichert sein muss.

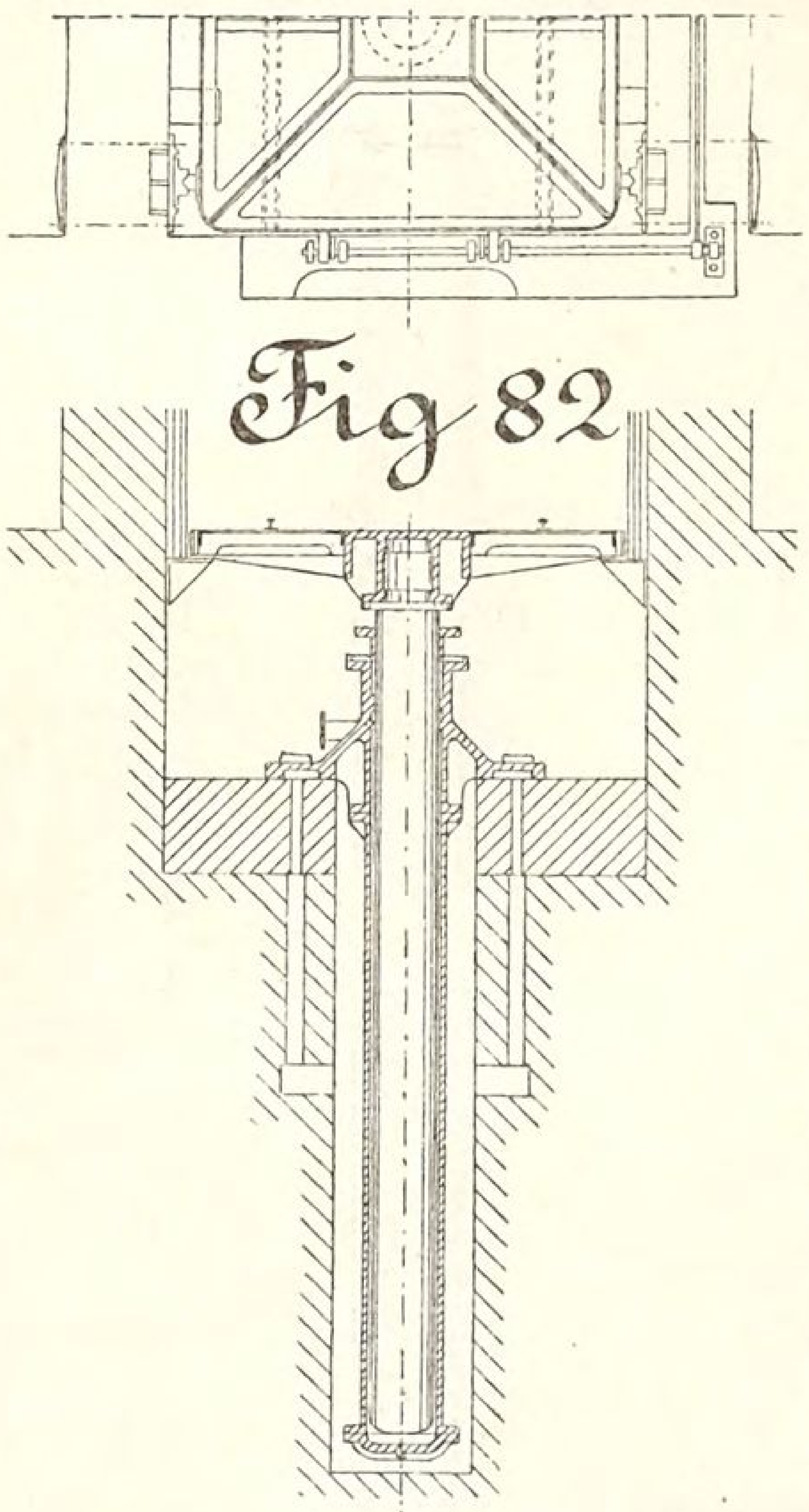


Fig 82

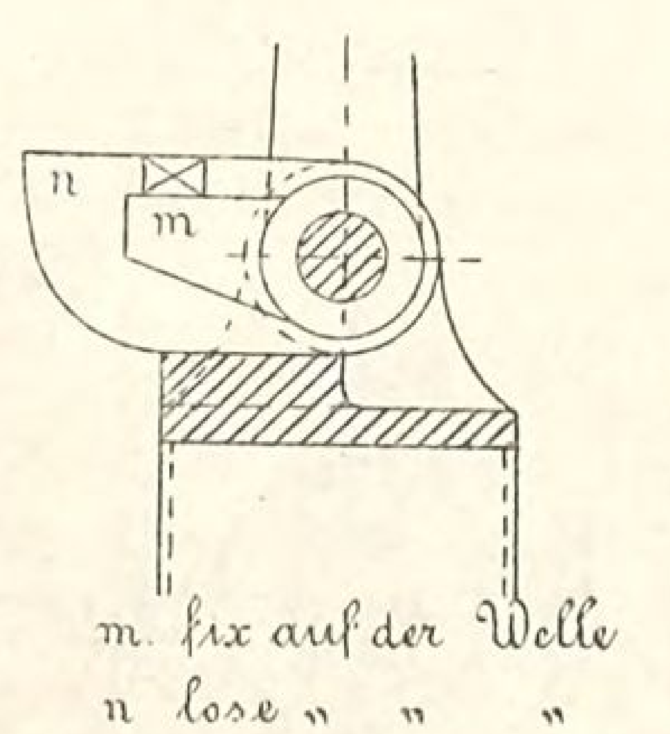
Die Abdichtung des Plungers ist dieselbe wie bei allen hydraulischen Krahnen. Auf dem Plunger ruht die Bühne in der durch die Verhältnisse vorgeschriebenen Grösse; sie ist aus Blech und Winkeleisen unter Einfügung eines gusseisernen Mittelstückes zusammengebaut und mit letzterem auf dem Plungerkopf befestigt. Es führt sich die Bühne durch vier auf zwei Seiten vertheilte Knaggen mit stumpfwinkeligen Schneiden, die in ähnlich gestalteten Furchen senkrecht aufgestellter Führungsschienen laufen.

Die Bühne wird am unteren Ende ihres Laufes durch vier vorspringende Consolen von Blech aufgefangen, um jedes Aufstossen des Plungers auf den Cylinderboden bei unvorsichtigem Niederlassen zu vermeiden und beim Auffahren der mit Roheisen gefüllten Pfanne alles Anstossen und Kippen zu verhüten.

Das andere Ende der Bewegung, d. h. die obere Rast, bedarf ebenfalls einer Festlage durch besondere Construktionen. Hierbei muss eine Vorrichtung angebracht werden, wie sie bei Förderungen sowie bei Hochofengichtenzügen angeordnet wird (vgl. Band II, S. 242, Fig. 66).

Für hydraulische Hebevorrichtungen wie der genannte Roheisenkrahn empfiehlt sich die von Musil abgebildete, unter Fig. 82 und 82a wiedergegebene einfache, mit Hebeln zu bewegende Vorrichtung. Beim Aufsteigen der Bühne hebt der Rand derselben die auf der Welle bewegliche Knagge *n* auf, die dann zurückfällt und mit der Unterfläche sich fest auf die Rahmenplatte auflegt. Will man den Krahn niederlassen, so dreht man die Welle und mit ihr die feste Knagge *m* auf, welche von dem Bühnenrand nicht erreicht wird, aber mittelst eines auf der Knagge *n* aufgesteckten Keils die letztere hebt, so dass die Bühne vorbei kann. Man kann die Sache auch auf andere Weise bewirken, doch mit grösserer Einfachheit schwerlich.

Fig 82a



Aehnliche Constructionen findet man in den amerikanischen Stahlwerken häufig eingerichtet, wo die Cupolofenabstiche zuerst in Pfannen abgestochen und diese dann gehoben werden.

Die Bessemeranlage auf Taf. XXV gibt bei *E* der Fig. 1 (Profil durch beide Hallen) ein Beispiel derartiger, zwischen Cupolofenabstich und Ausguss nach den Convertern hin sich bewegender Hebevorrichtungen.

In einem brunnenartigen Schacht von nahezu 4½ m Tiefe ist der Treibcylinder zweitheilig eingehängt und empfängt das Druckwasser seitlich durch ein wie gewöhnlich in einer Art Kanal liegendes Rohr.

Der Treibkolben von über 350 mm äusserem Durchmesser wird oben in einer Stopfbüchse geführt, eine minder wirksame Führung wird aber theilweise durch die Bühne selbst bewirkt, welche, von kreisrunder Gestalt und mit Geleisen auf der Oberseite versehen, in einer mit Eisen ausgekleideten Oeffnung der die Erdgeschossräume nach oben hin abschliessenden Bauconstruktion sich bewegt. Die Zwischenpfanne *d* muss auf der Bühne selbst fahrbar sein, um beim Umkippen derselben die vollständige Freiheit der Bewegung zu haben.

Der Hub dieser ganzen Vorrichtung ist nur etwas mehr als 1 m; in der Zeichnung steht die Bühne auf dem tiefsten Stand und der Zwischenkessel erscheint bereit, den Abstich der Cupolöfen aufzunehmen. Der obere Theil der Ausgussrinne liegt dabei etwa 250—300 mm über dem Mittel der Pfannenaxe. Denkt man sich nunmehr, dass die Pfannen hoch genug gehoben werden müssen, um bei einer Kippung um 900 mit der Spitze der Ausgiessschnauze noch über dem oberen Theil der Ausguss-

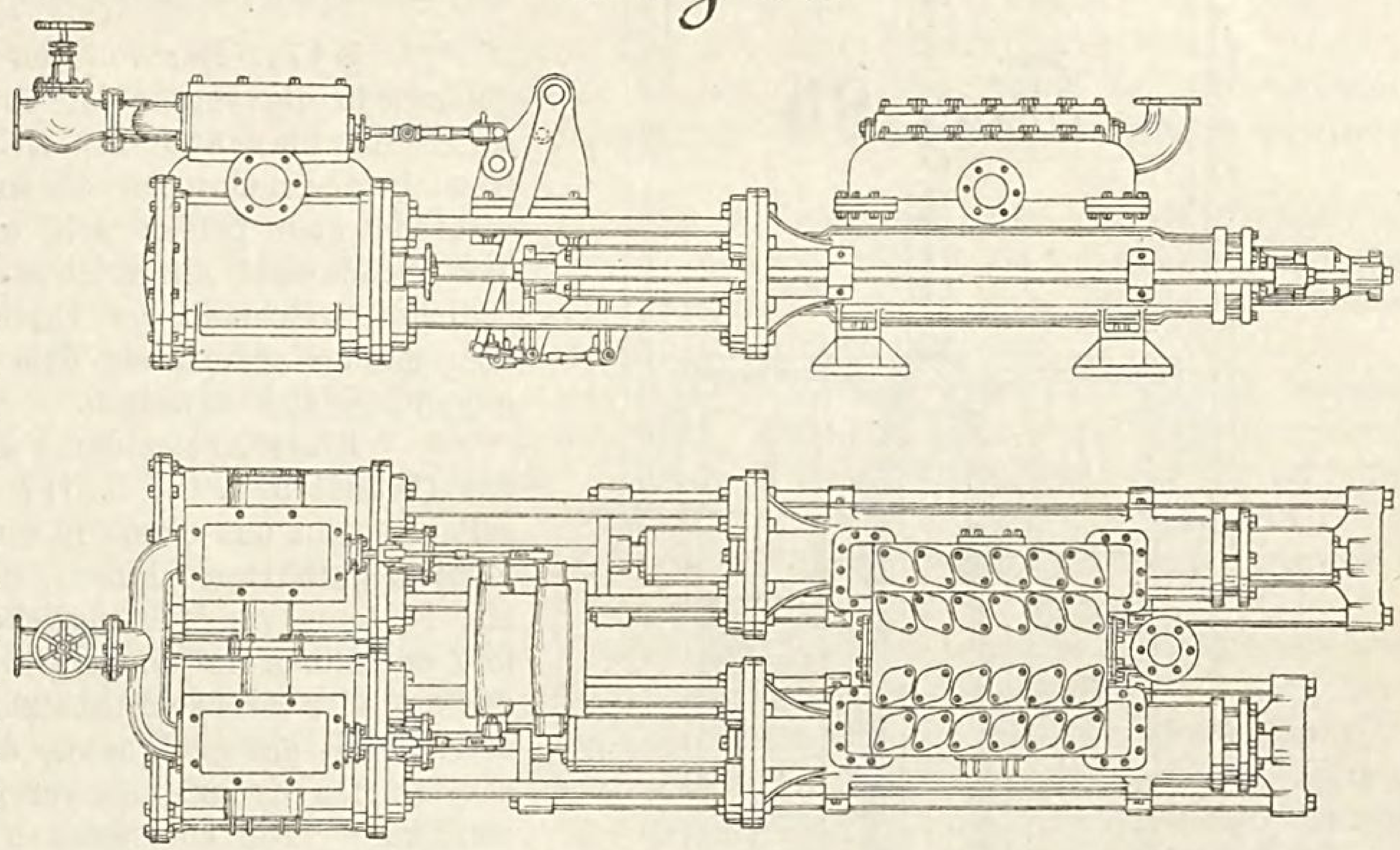
rinne zu bleiben, so ergibt sich die Hebung gleich jener 250—300 mm + dem Abstand der Schnauzenspitze von der Axe des Kessels. Dieser Abstand ist ca. 700—750 mm, so dass obiger Hub von reichlich 1 m herauskommt.

Während dieser beschränkte Hub sich nur auf die Benutzung bei den Cupolöfen bezieht, ist die ganze Anlage ursprünglich gleich auf Hebung des Roheisens selbst berechnet, welches von den zu demselben Werk gehörenden Hochöfen her- und auf den im Grundriss Fig. 2 links angedeuteten Geleisen in die Erdgeschossräume des Giesshauses gefahren wird. Die Bühne kann beim vollen Niedergang und Hub von mit Holzpuffern und Holzauflagern versehenen Bauconstruktionen aufgenommen werden, so dass ihre Geleisefläche vollkommen mit den Flächen der festen Geleise zusammenfällt. — Die Bodenhebevorrichtungen, von denen bereits früher die Rede war, gehören in gewissem Sinn ebenfalls zu den Aufzügen.

Accumulatoren und dazu gehörige Pumpen.

§ 472. Die Accumulatoren bilden die nothwendige Verbindung zwischen den das Wasser liefernden Pumpen und den durch den Steuertisch zugänglichen Verbrauchsstellen. Sie sind wesentlich erforderlich zur Aufnahme der aus dem Hubwechsel der Pumpen hervorgehenden Ungleichförmigkeiten der Wasserzuführung, welche dadurch an den Maschinen selbst mit möglichst constantem Druck geschieht. Ausserdem wirken die Accumulatoren als Reservoire, als Kraftmagazine, um einem augenblicklich grösseren Wasserbedarf zu genügen, als ihn die Pumpenanlage zu liefern vermag.

Fig 83



Die in den Bessemerwerken angewendeten Pumpen können verschiedener Art sein, doch zieht man der geringeren Reparaturbedürftigkeit wegen Plungerpumpen den Kolbenpumpen vor.

Die Anordnung kann eine stehende oder eine liegende sein, wobei zu bemerken ist, dass man die stehenden Pumpen nach Art der Presspumpen für hydraulische Pressen baut (Musil a. a. O., S. 319). Man setzt dann mehrere, aber gleichgrosse Pumpen in einen gemeinschaftlichen Kasten, lagert die Kurbelwelle in zwei seitlichen Ständern über denselben und betreibt die Pumpen durch Excenter oder durch Kröpfungen der Welle.

Kleiner Hub und kleiner Durchmesser bei grosser Tourenzahl sind alsdann auch Bedingung, und man erreicht durch diese Disposition den Zweck besser als durch eine einzige grosse Pumpe, welche ohne Reserven arbeitet und auch nicht dieselbe Gleichförmigkeit der Wasserzufuhr hat als jene combinirte Pumpenanlage, an welcher man eine Pumpe aushängen, die andere aber ruhig weiterarbeiten lassen kann. Der oder die Dampfcylinder liegen an einem oder an beiden Enden der gemeinsamen Wellen und die Steuerung wird von einem Excenter oder einer Gegenkurbel vermittelt.

Die Schwungräder legt man innerhalb der Ständer bei Vorhandensein zweier Dampfcylinder, oder an das andere Ende der Welle bei nur einem Dampfcylinder.

Die Dimensionen sind bei der Verbindung von 3—4 Einzelpumpen zu einer ganzen Accumulatorpumpe 80—100 mm Plungerdurchmesser und 150—200 mm Hub. Dabei sind für eine Bessemeranlage zwei solche combinirte Pumpenanlagen vorausgesetzt, von denen jede mit 60 Touren pro Minute etwa 10 cbm Wasser stündlich liefert. Dieser Lieferung steht ein Consum gegenüber, der sich bei jeder Charge auf 1 cbm Injektionswasser für den Stahlkrahn, 4 cbm für die Wendemaschine und 6 cbm für die Ingotkrahne veranschlagt. Es würde das Wasserquantum mithin für ca. 21—22 Chargen pro 24 Stunden ausreichen.

§ 473. Eine andere Disposition, die sehr bekannt geworden ist, gibt Fig. 83. Es ist die in den amerikanischen Bessemerhütten des Systems Holley & Cons. fast ausschliesslich angewandte

Worthington Duplex-Pumpe (vgl. Holley, Bessemer Machinery im Journal Franklin Institute, Vol. LXIV, Taf. III).

Ihre Hauptvorzüge bestehen darin, dass die Bewegung des Dampfschiebers der einen Pumpe durch den Kolbengang der anderen geschieht; dadurch stehen die Pumpenkolben am Hubende einen Augenblick still und die Ventile haben Zeit, sich zu schliessen. Dies geschieht ohne Stoss, und es gibt diese Einrichtung gleichzeitig eine bemerkenswerthe Gleichmässigkeit des Druckes. Jede Pumpe besteht aus zwei einfach wirkenden, mit den Böden aneinander stossenden Cylindern, in denen zwei durch doppelte Kolbenstangen und Querhäupter verbundene Plungerkolben laufen. Beim Hin- und beim Hergang saugt abwechselnd der eine und drückt der andere Plunger. Es wurde schon bei der ersten Bekanntgebung der Einrichtung hervorgehoben, dass das Dichthalten einer Stopfbüchse leichter sei als das Dichthalten einer Kolbenliderung für doppelt wirkenden Betrieb, besonders wenn der Kolben einen veränderlichen Hub habe und den Cylinder über der Mitte seiner Länge auszureiben versuche (vgl. auch Kerpely's Fortschritte der Eisenhüttentechnik, 8.—10. Jahrg., 1871—1873).

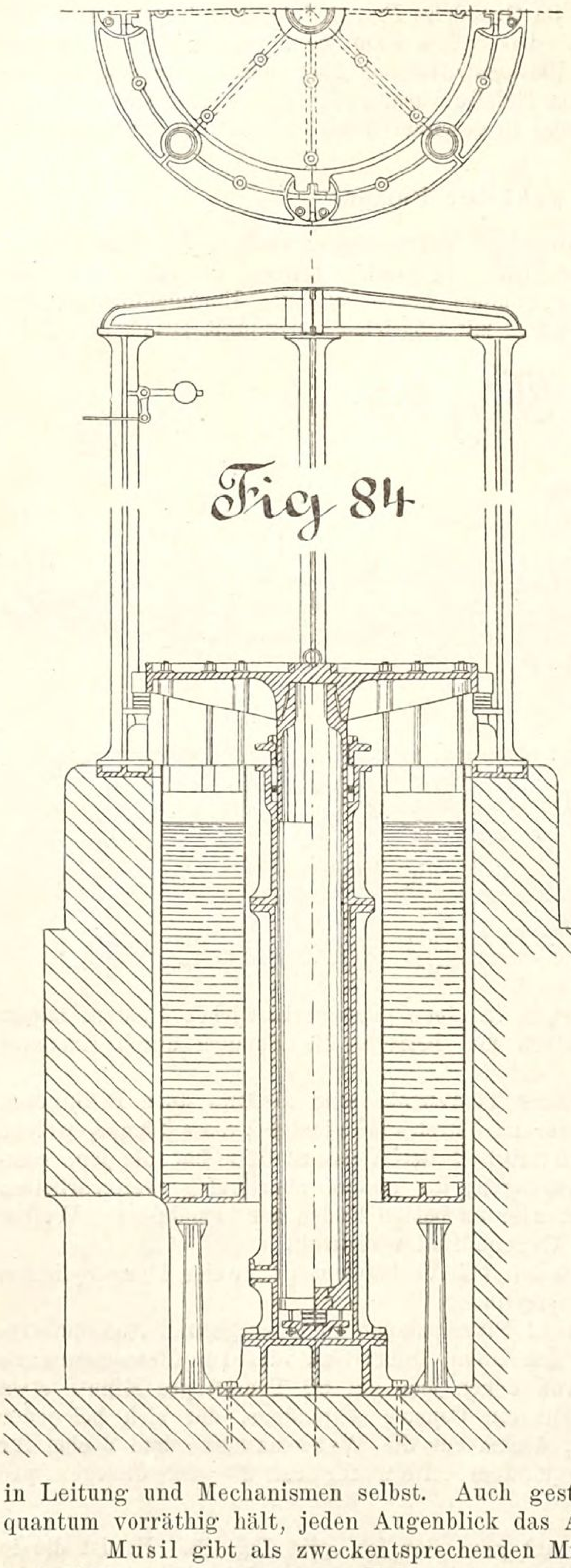


Fig 84

§ 474. Das von den Pumpen gedrückte Wasser gelangt in die vorher den Grundzügen nach charakterisirten Accumulatoren, welche heute vorwiegend als Gewichtsaccumulatoren construirt und gebaut werden, während man früher wohl auch der nach dem Princip der Windkessel eingerichteten Luftaccumulatoren sich bediente, welche in der Errichtung billiger, im Betrieb aber minder zuverlässig dem wechselnden Wasserbedarf gegenüber sich erweisen.

Einen Accumulator mit Belastung stellt Fig. 84 dar (Musil a. a. O., S. 317 u. Figuren 33, 34). Derselbe besteht aus einem in einem feststehenden Cylinder vertical geführten Plunger, der auf dem kräftigen Kopf ein Plateau von hinlänglicher Eisenstärke trägt und mit demselben in einem Gerüst vertical geführt wird, das aus vier Kreuzeisenstützen besteht, welche am Oberende durch ein geeignetes, aus Blech und Winkeleisen construirtes Kreuzstück vereinigt und zusammengefasst werden. — Die Dimensionen des Accumulators richten sich in erster Linie nach der Grösse des Hubvolums, wobei man aber nicht der Auffassung Raum geben darf, als sei der Accumulator ein Reservoir, das die hydraulischen Maschinen im Fall des Versagens der Pumpen längere Zeit speisen solle, oder dann, wenn dieselben den andauernden Anforderungen nicht Genüge leisten könnten. Man soll im Gegentheil die Pumpenanlagen hinlänglich gross und stark machen, dass sie sämmtliche Maschinen, unter Voraussetzung normalen Betriebes, also abwechselnden Funktionirens, mit Wasser zu versehen im Stande sind.

Der Accumulator ist dann lediglich als eine Unterstützung der Pumpenanlage aufzufassen, welche mit letzterer Hand in Hand arbeiten soll. Man kommt dann mit einem kleinen Hubvolumen aus und hat doch eine genügend grosse Reserve zur Ausgleichung der Druckschwankungen und Stösse bei dem Hubwechseln in Leitung und Mechanismen selbst. Auch gestattet der Accumulator, welcher ein bestimmtes Wasserquantum vorräthig hält, jeden Augenblick das Anlassen der Maschinen.

Musil gibt als zweckentsprechenden Mittelwerth für Plungerdurchmesser und Hub ca. 650 mm und 3500 mm an, was einem Hubvolumen von ca. 1 cbm entspricht.

Dieses Quantum Wasser genügt, um sämmtliche hydraulische Krahne gleichzeitig für einen Hub auszurüsten, was ja niemals andauernd vorkommen dürfte. Die Aufstellung eines zweiten Accumulators hat deshalb auch weniger den Zweck, eine noch grössere Wasserreserve zu bieten, als den, im Fall eines Unfalles, während stark angestrengtem Betrieb, eine Hülfe zu haben.

Musil hält das Anbringen einer zweiten Plungerdichtung, wie bei manchen Krahnen, für ein Mittel, eine genügende Sicherheit gegen eine etwa vorkommende Betriebsstörung durch Schadhaftwerden der Dichtung überhaupt zu bieten.

Eine Betriebsstörung durch andere Ursachen, z. B. durch Brüche wesentlicher Theile des Accumulators, ist unwahrscheinlich, wenn jedes Ueberpressen unmöglich gemacht wird.

Eine Vorkehrung, dieses zu vermeiden, wird weiter unten beschrieben werden; doch ist eine stete Ueberwachung des Accumulatorstandes und der Verbindung des Accumulators mit der Pumpenanlage immer das beste Mittel, Unfälle unmöglich zu machen.

§ 475. Die Construktion des Treibcylinders der Accumulatoren ist zweckmässig eine dreitheilige. Zuunterst befindet sich ein in und auf dem Fundament fest verankertes Fussstück, auf welchem die ganze Vorrichtung ruht. Darauf steht zunächst der innen wie aussen unbearbeitete eigentliche Cylinder, dessen Fortsetzung ein ausgebohrtes kürzeres Oberstück mit Stopfbüchse und Manschettenliderung ist, welches Abschluss und Führung gleichzeitig bildet. In letztgenannter Beziehung ist der Accumulator weit einfacher als jeder Krahncylinder, da eine Neigung, aus der senkrechten Stellung herauszufallen, kaum vorhanden ist.

Man macht den Treibcylinder etwas stärker als die der übrigen Mechanismen und gibt ihm 50 mm Wandstärke; es ist das ein von Musil berechnetes Mittel mehrerer ausgeführter Construktionen.

Die runde, oft aber auch quadratische Plattform ist auf dem Plungerkopf in verschiedener Weise aufgesetzt. Die Figuren 84 und 85 zeigen zweierlei Arten der Befestigung, welche in gewisser Beziehung zur Construktion stehen.

Bezüglich des Führungsgerüstes der Plattform ist noch zu bemerken, dass dasselbe stark und hoch genug sein soll, um mit seiner Hülfe den Plunger ganz aus- und einbringen zu können. Ist ein anderes Hülfsmittel zur Auswechselung in der Lage des Accumulators unter einer Bühne oder einer sonstigen Bauconstruktion geboten, kann man das Führungsgerüst einfacher machen.

Aus Fig. 84 ist erkennbar, dass man die Plattform in ihrer tiefsten Lage auf Consolen, welche an den Säulen oder Stutzen angeschraubt oder angegossen sind, aufsitzen lässt. Auf den Oberseiten tragen diese Consolen alsdann Puffer aus übereinander gelegten Kautschukscheiben oder irgend eine andere ähnliche elastische Vorrichtung.

Auch den Fuss des Plungers versieht man zweckmässig mit einer Puffervorrichtung, die ebenfalls aus Fig. 84 sich erkennen lässt.

Zur Regulirung des Auftriebes, namentlich zur Vermeidung des Heraushebens des Plungers aus der Führung im Fall einer Unachtsamkeit oder eines anderen unglücklichen Umstandes, gibt man dem Plunger einen vorspringenden, leistenartigen Ansatz am unteren Rand, der sich wohl im unausgebohrten Theil des Treibcylinders, nicht aber im ausgebohrten Führungsstück bewegen kann. Diese Einrichtung tritt nicht in Wirksamkeit, wenn die weiter unten zu beschreibende, bei Fig. 83 ebenfalls angedeutete Verbindung der Accumulatorenanlage mit den Pumpen gestört sein sollte, und ist nur für den Nothfall da.

§ 476. Das Belastungsgewicht des Accumulatorkolbens bestimmt sich naturgemäss nach dem Plungerdurchmesser und dem zu erzielenden Druck des Betriebswassers.

Bei Musil findet sich folgende Rechnung:

Ein Accumulator normaler Grösse von 650 mm Durchmesser und 3500 mm Hub besitzt an zu hebenden Construktionstheilen (Plunger, Plattform, Gewichtscylinder, Aufhängestangen etc.) ein Eigengewicht von ca. 15000 Kilo, während bei einer effektiven Pressung von 15 Atmosphären sich ein Plungerflächendruck von 50000 Kilo als erforderlich herausrechnet.

Berücksichtigt man die Manschetten- und Stopfbüchsenreibung, von erfahrungsgemäss pptr. $8/_{00}$ des Kolbendruckes, so müssen zur Ueberwindung der Reibung dem eben gefundenen Nettodruck $\frac{50000 \times 8}{100} = 4000$ Kilo zugerechnet werden, damit beim Niedergang des Plungers wirklich ein Druck von 15 Atmosphären ausgeübt werde.

Es müssen sonach 54000 — 15000 = 39000 Kilo Belastung vorhanden sein, um beim Niedergang des Plungers im Betriebswasser den verlangten Druck hervorzubringen.

Wird aber der Plunger gehoben, so müssen die Pumpen die Reibungsverluste der Stopfbüchsen und ausser dem Gesammtgewicht der bewegten Theile von 54000 Kilo nochmals 4000 Kilo Reibungswiderstände überwinden.

Daraus geht hervor, dass der Druck auf den Plunger im Accumulator um 8000 schwankt, und dass der Wasserdruck zwischen 17,4 auf 15 Atmosphären sich bewegt. Das Vorhandensein einer ein-

fachen Stopfbüchsenliderung mit Hanfpackung an Stelle der Manschettenliderung würde die Reibung vermindern und die Druckschwankung von ca. $2^1/_2$ Atmosphären auf etwa die Hälfte ermässigen.

Das Totalgewicht der Construktionen eines derartigen Accumulators mit eisernem Gerüst beträgt im Ganzen etwa 35000 Kilo, während ein entsprechender Luftaccumulator ca. 7500 Kilo Construktionsgewicht haben würde.

Das Belastungsgewicht, d. h. das Gewicht, welches nach Abzug des Gesammteigengewichts der bewegten Theile zur Druckerzeugung nothwendig ist, also im oben berechneten Fall 39000 Kilo, wird in verschiedener Weise angebracht, gewöhnlich in Form von Gusseisenringen oder -blöcken, welche direkt auf die Plattform zu liegen kommen.

Die Fig. 84 zeigt eine andere Anordnung, da an dem Rand der Plattform an einer genügenden Anzahl von Stangen (acht auf der äusseren, acht auf der inneren Peripherie) ein ringförmiges Blechgefäss aufgehängt ist, welches den oberen Theil des Treibcylinders umgibt, unten mit einer kräftigen, verrippten Ringplatte verschlossen ist und mit einem beliebigen Material, Schlacke, Sand oder Stein, angefüllt werden kann.

Musil rühmt dieser Anordnung nach, dass man zur Auswechselung der Kolbenliderung und zu anderen ähnlichen Arbeiten nicht nöthig habe, von der Plattform Ringe oder Gewichte wegzunehmen und dieselben später wieder aufzulegen. Man brauche nur den ganzen Ringkasten auf die Säulen aufsitzen zu lassen und die Aufhängestangen zu lösen.

Nach der Zeichnung ist hierzu allerdings das Auflegen von Holzklötzen etc. auf die Säulen nothwendig, da beim tiefsten Punkt des Kolbens die Unterfläche des Kastens die Säulen noch nicht erreicht.

§ 477. Während die Be- und Entladung sich an diesem Accumulator einfach vollziehen, ist wiederum die Führung eine umständlichere. Ueberaus einfach gestaltet sich die letztere bei dem Accumulator des amerikanischen Bessemerwerkes, welches auf Taf. XXV dargestellt ist. Der in Fig. 1 und 2 mit *K* bezeichnete Accumulator steht neben dem Steuertisch in der Ecke der Hütte oder Giesshalle, hat einen durchgehenden Plungerschaft, welcher oben in einem sicher in der Ecke angebrachten Quergerüst geführt wird und im höchsten Stand sogar zum Dache hinausgeht, geschützt durch eine Blechhülle.

An dem genannten, die Führung übernehmenden Gerüst wird man unzweifelhaft beim Auswechseln der Liderungen etc. die ganze Plungerconstruktion mit Last etc. aufhängen können.

§ 478. Eine ältere Accumulatorenconstruktion zeigt Fig. 85, an der nur die Plattform fortgelassen ist. Der Treibkolben ist unten offen und oben durch einen nach innen convexen, kugelförmigen Deckel geschlossen, der mit dem cylindrischen Kolbenkörper verschraubt ist.

In den Hohlraum des Kolbens ragt in der Mitte, durch ein etwas weiteres Rohr geschützt, ein dünnes, unten durch das Fussstück austretendes Röhrchen, um beim Füllen des Accumulators die Luft herauszulassen. Oben bleibt natürlich ein geringes Quantum Luft übrig, welches unter hohem Druck stark comprimirt wird.

Die übrigen Theile der Construktion sind den vorher beschriebenen vollkommen gleich; der Treibcylinder ist dreitheilig, da er aus dem Fussboden nebst unterstehendem Fussgestell, dem eigentlichen unbearbeiteten Mitteltheil und dem glatt abgedrehten Obertheil nebst Stopfbüchse besteht.

Dieser letztere sitzt mit breitem Flansch, an welchem sich unterwärts der schmälere Flansch des Mittelstücks anschraubt, auf dem Deckel des Accumulatorfundaments. Ausserdem wird der genannte breitere Flansch an vier Stellen durch schwalbenschwanzartig verkeilte Lappen gehalten, so dass ein Ausweichen nicht wohl anzunehmen ist.

Diese Modification ist in Westfalen angewandt worden, hat aber meist den Accumulatoren mit geschlossenen Kolben Platz gemacht.*)

Vertheilungs- und Steuerapparate.

§ 479. Alle Bewegungen der zur Ausführung der Charge unmittelbar erforderlichen Apparate müssen mit der grössten Genauigkeit und Zuverlässigkeit eingeleitet, geregelt und abgebrochen werden können, und es ist daher sehr bald nach dem Eintritt der Converterprocesse in die Betriebsfähigkeit das Bestreben der construirenden und den Betrieb leitenden Ingenieure gewesen, die betreffenden Maschinen von einer Stelle aus zu steuern und zu leiten.

*) Daelen theilt (Glaser's Annalen VII, S. 240) die Skizze eines Accumulators mit, welche einfacher, billiger und sicherer sein soll als die frühere und noch jetzt verbreitete Anordnung eines in den Boden versenkten Cylinders mit Plungerkolben und Lasttisch. Auch bei dem neuen Accumulator ist der Lasttisch nicht am Kolben, sondern an dem Cylinder befestigt, und zwar in der Art, dass die Tischebene ungefähr dem Unterende des bewegten Cylinders entspricht, während das Oberende desselben mit den Tischecken durch Zugstangen in Verbindung steht. Das ganze Gewicht ist durch Bruchsteinmauerwerk, nicht durch Roheisenplatten hergestellt.

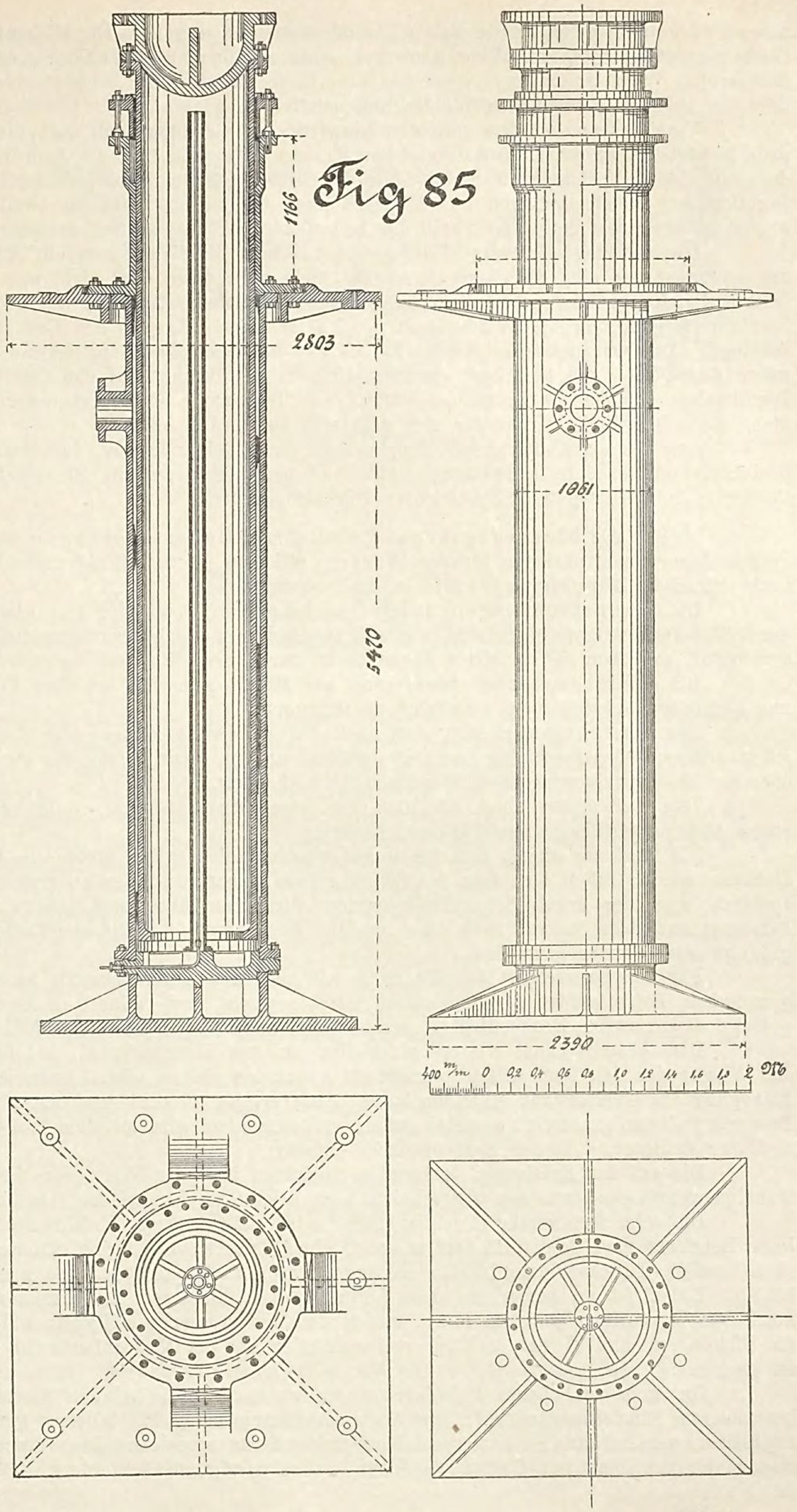
Oben sieht der Deckel des Cylinders hervor, unter welchem sich die obere Stopfbüchse befindet, die somit erst zugänglich ist, wenn der Deckel abgeschraubt ist. Doch ist eine Unterstützung des Gewichts hierbei nicht nöthig, da der Cylindertisch unten von selbst aufruht, und man kann das Wasser ganz ruhig abfliessen lassen, wenn Frostschäden in Aussicht stehen.

Man vereinigt deswegen die wichtigsten Steuerungsorgane in einem sogenannten Steuertisch, welcher in der Giesshalle an einer geschützten und zum Ueberblick der ganzen Chargenmanipulationen geeigneten Stelle errichtet ist.

Man steuert von hier aus in erster Reihe die Drehung oder Wendemaschine der Converter, den Windzulass und den Giess- oder Stahlkrahn, weil die Funktionen und Apparate bei der Ausführung der Chargen genau ineinander greifen müssen. Weniger bedürfen der übersichtlichen Anordnung und Centralisation die Ingotkrahne, doch bringt man deren Steuerungsorgane neuerdings auch auf dem Steuertisch an, wofür der Windabschluss vielfach an die Converter selbst verlegt worden ist (vgl. Taf. XXIII).

Die früher wohl manches Mal vorgekommene Verwechselung der Steuerungsorgane bei zu zahlreicher Anordnung derselben auf dem Steuertisch hatte anfänglich eine gewisse Zurückhaltung zur Folge, der man auch in der Darstellung von A. Musil noch begegnet.

Derselbe bildet einen Steuertisch ab, der nur vier Steuerungsorgane enthält, die Organe der beiden Converterwendemaschinen, das Organ für den Stahlkrahn und die Drosselklappe für die Windleitung, die ausserdem, vermuthlich am Converter selbst, noch einen Hülfsverschluss hat. Die Ingotkrahne, der Roheisenkrahn sowie die etwaigen andern Hebevorrichtungen zum Einsetzen der Converterböden, zum Gichtentransport, haben besondere, in der Nähe der Vorrich-



tungen oder unmittelbar an denselben sitzende Steuerungsorgane. Die Reihenfolge ist dann: Stahlkrahn, Converterwendemaschine I, Wind, Converterwendemaschine II, oder: Converterwendemaschine I, Wind I, Stahlkrahn, Wind II, Converterwendemaschine II, je nachdem für beide Converter eine gemeinschaftliche oder für jeden eine besondere Windleitung existirt.

Vereint man mit den vorgenannten Steuerungsorganen auch noch die der Ingotkrahne, so hat man, je nachdem zwei oder drei dergleichen Krahne vorhanden sind, die Anordnung so, dass die Steuerung des nur einmal vorhandenen Stahlkrahns die Mitte einnimmt und jederseits sich die Organe für die Ingotkrahne, Wendemaschinen und Windleitungen finden, und dass im zweiten Fall der dritte Ingotkrahn an der einen Seite ausserhalb der betreffenden Windsteuerung gesteuert wird.

Dispositionen der verschiedensten Art zeigen die Grundrisstafeln XXI, XXIII und XXV; auf der erstgenannten sind die Steuerungsorgane nicht angegeben, doch sieht man aus der punktirten unterirdischen Leitung, dass sieben Steuerungsorgane vorhanden sein müssen. Auf Taf. XXIII sind nur fünf Steuerungsorgane, da die Windzulässe an der Maschine oder an den Convertern gesteuert zu werden scheinen. Die amerikanische Hütte, Taf. XXV, hat acht Steuerungsorgane auf dem Tisch vereinigt, unter denen sich die der drei symmetrisch zum Stahlkrahn und der Converterstellung angeordneten Ingotkrahne befinden, während der vierte, zur Bedienung der Darrkammern etc. vorhandene, in der einen Ecke befindliche Krahn für sich gesteuert zu werden scheint.

Aus den angeführten Abbildungen geht noch weiter hervor, dass man für den Steuertisch eine gesicherte und erhöhte Aufstellung wählt und namentlich auf die Sicherheit vor den Auswürfen der Converter beim Umlegen und Aufrichten Rücksicht nimmt.

§ 480. Als Steuerungsorgane benutzt man Hahnsteuerungen und Schiebersteuerungen verschiedener Constructionen für das Wasser, während für den Wind entweder Drosselklappen oder auch entlastete Doppelsitzventile in Anwendung stehen.

Die Hahnsteuerungen findet man seltener vor als die Schieber; sie müssen sehr solid gearbeitet und fest angezogen sein, wodurch sie theurer und schwerer beweglich werden. Sind sie leichter gearbeitet, so geben sie zu vielen Reparaturen durch Undichtheiten Veranlassung.

Die Schieber werden vorwiegend aus Metall gemacht, um dem Einfluss längerer Stillstände und Betriebsunterbrechungen thunlichst zu begegnen.

Die Abmessungen richten sich nach den gegebenen Kanal- oder Leitungsdimensionen wie bei jedem anderen Absperrschieber und sind natürlich andere, wenn es sich um die einfach wirkenden Krahne oder um die doppelt wirkenden Wendemaschinen handelt.

Jene haben nur einen Eintritts- und einen Austrittskanal, während diese zwei Eintritts- und einen gemeinschaftlichen Austrittskanal besitzen.

Die Deckung nimmt man innen und aussen gleich gross, etwa 10—15 mm, da eine zu grosse Deckung den Nachtheil hat, dass der Schieber beim Umsteuern einen zu grossen Weg zurückzulegen hat. Dadurch wird der durch Schraubenbewegung wirksame Steuermechanismus zu zeitraubend in seiner Leistung und dazu kommt noch eine unnütze Ausdehnung der Schieberflächen und dadurch eine Vergrösserung des Reibungsdruckes.

Für den Querschnitt des Eintritts- wie auch des Austrittskanals hat man gewisse Erfahrungen gewonnen. Beide werden der Regel nach gleich gemacht, weil dadurch in der Construktion der Schiebergehäuse eine gewisse Bequemlichkeit erreicht und andererseits kein Nachtheil verursacht wird.

Den Austrittskanal weiter zu machen als den Eintrittskanal, hat insofern keinen Zweck, als das Wasser aus den hydraulisch getriebenen Apparaten nie so schnell entweichen darf, dass eine rasche Bewegung des Treiborgans eintreten kann. Andererseits muss mit gleichem Rechte die entgegengesetzte Bewegung ebenso geschwind vor sich gehen, und ausserdem wird mit dem Wachsen der Kanaldimensionen auch der Schieber, d. h. der Reibungsdruck grösser.

Die auf der Erfahrung basirenden Ansichten über die Weite der Kanäle, d. h. die Grösse des Kanalquerschnittes, bezw. des Querschnittes der Injektionsrohre zu der Maschine, sind sehr verschieden.

Die wünschenswerthe Geschwindigkeit wird auf Grund der Erfahrungen eines längeren anstandslosen Betriebes nach A. Musil bereits durch einen Durchmesser der Injektionsrohre von 40 mm erreicht, ohne dass die Druckverluste in den Leitungen durch Reibungen etc. eine nennenswerthe Höhe erreicht hätten. Dabei ist zu bemerken, dass Leitungen von kleinerem Durchmesser einen wesentlichen ökonomischen Vortheil zeigen; die Rohre lassen sich mit grösserer Billigkeit widerstandsfähiger herstellen, die Dichtungen sind kleiner, sicherer und wohlfeiler und der Materialaufwand, d. h. Gewicht und Kosten, ist geringer.

Die gebräuchlichsten Rohrdurchmesser waren deshalb bei den älteren Anlagen 40—50 mm; bei neueren Einrichtungen trifft man indessen Durchmesser bis 80 mm, was nur dann als rationell angesehen werden kann, wenn specielle Gründe dafür sprechen. Die Bewegung des Schiebers wird wegen der zunehmenden Grösse desselben zu schwierig und erfordert Kräfte von 250—300 Kilo (A. Musil a. a. O., S. 322).

§ 481. Man kann die Schieber vertical und auch horizontal legen und steuert sie meist durch eine Schraubenspindel mit Handrad oder durch einen mit entsprechendem Uebersetzungsverhältniss versehenen Handhebel.

Die liegende Aufstellung bedingt ursprünglich den Hebel, die stehende Aufstellung die Schraubenspindel als die einfachsten und naturgemässesten Bewegungsmittel.

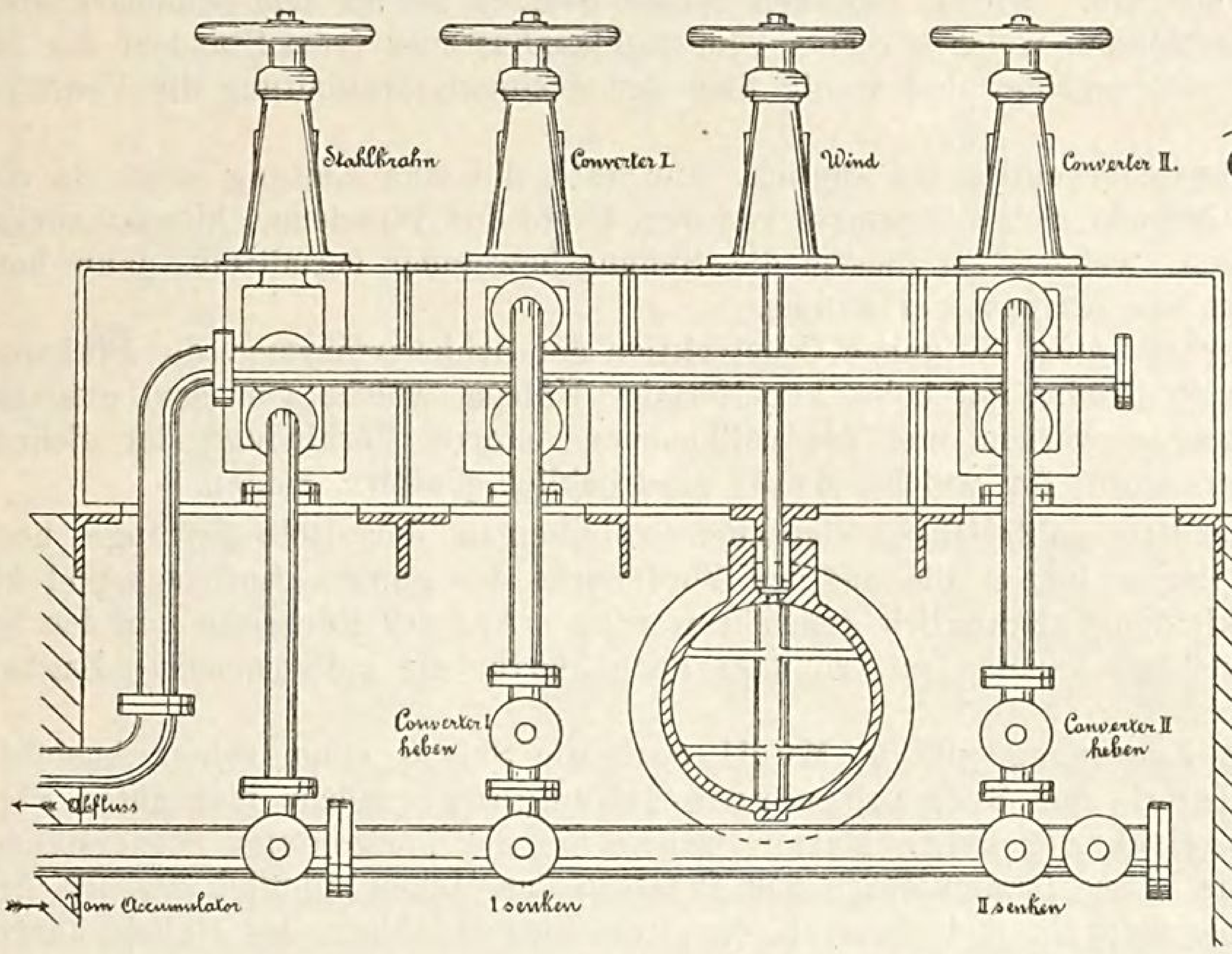
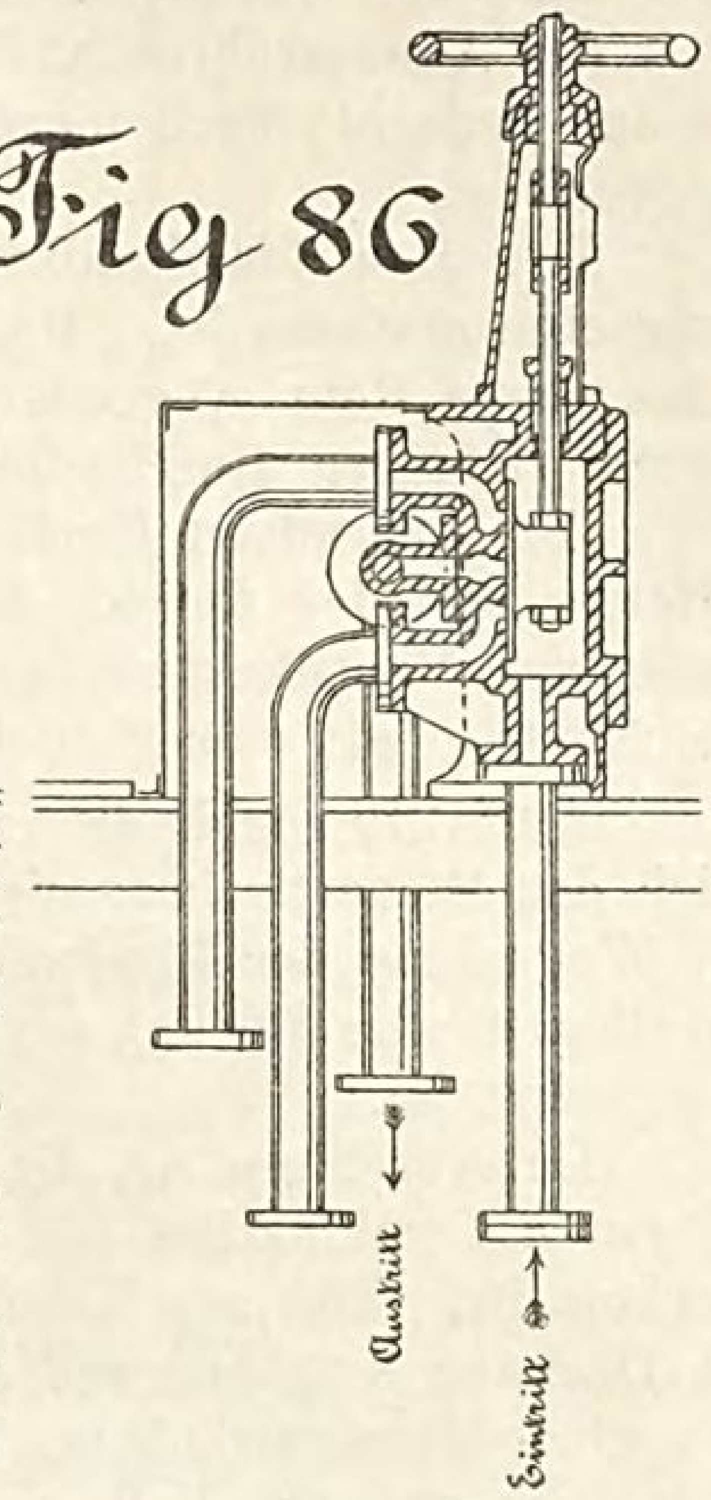


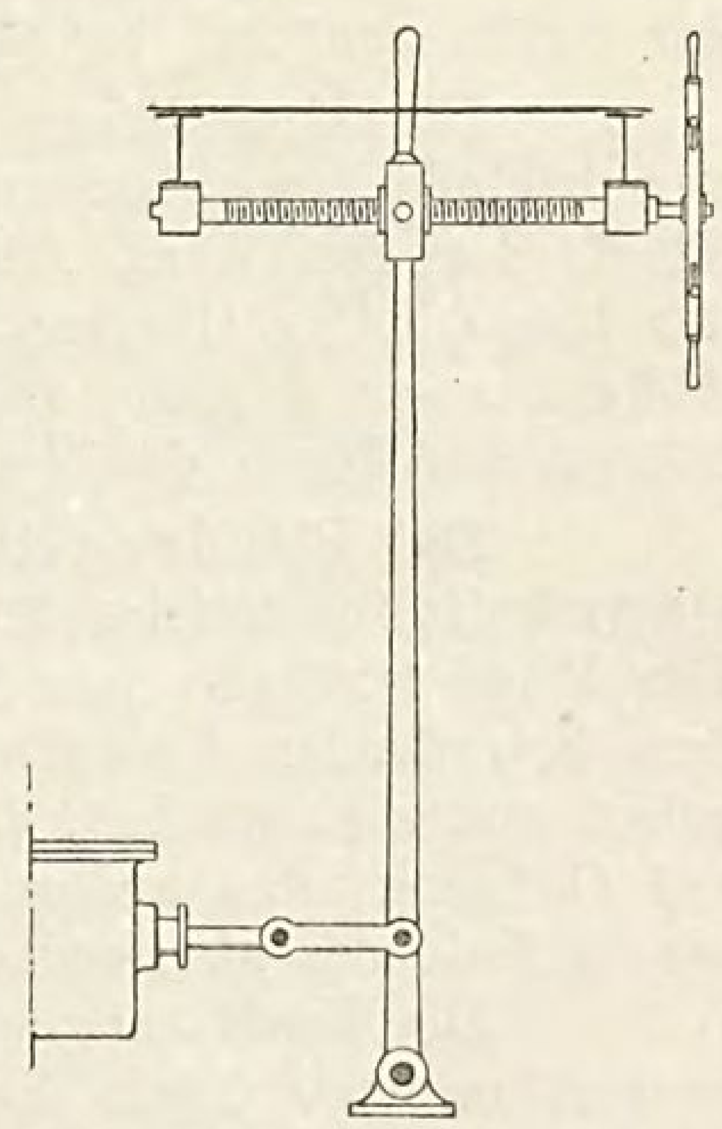
Fig 86



Bei beiden lassen sich Licht- und Schattenseiten nachweisen, doch scheinen sich dieselben bei der Schraubenspindel leicht haben abändern lassen, da neuere Steuerapparate mit liegenden Schiebern auch mit Schraubenspindeln ausgerüstet sich zeigen, z. B. die Steuerungen Fig. 87 u. ff.

Durch entsprechende Wahl der Gewindeverhältnisse wird eine geringere Kraft an der Schraube, bezw. deren Stellrad zur Ueberwindung der Reibungswiderstände des Schiebers und zu seiner Bewegung nothwendig sein, als sie beim Hebel erforderlich ist, dessen Dimensionen sich in gewissen Grenzen bewegen müssen. Wird in der angedeuteten Weise bei der Schraubenspindel die nöthige Kraft herabgedrückt, so wächst auf der anderen Seite die Arbeitsdauer, und es erfolgt das Umsteuern langsamer als beim Hebel.

Fig 86a



Dies ist für den normalen Betrieb allerdings kein Nachtheil, da hierbei ein allmäliger Uebergang von einer Bewegung in die andere für die Erhaltung der Maschinenanlagen von wesentlichem Belang ist; nur bei Unregelmässigkeiten, wo ein rasches Schliessen oder Umsteuern wieder recht zu wünschen ist, wirkt der Hebel besser.

Im gewöhnlichen regelmässigen Betrieb wirkt der letztere leicht zu rasch, so dass man sich durch stoss- und ruckweises Oeffnen zu helfen sucht, eine Manipulation, welche aber die Charniere leicht ausleiert und den stets zu vermeidenden todten Gang mit sich bringt.

In dieser Hinsicht bietet die Schraube auch keine absolute Garantie, doch kann durch gute Detailconstruktion darin viel erreicht werden. Man gibt dem die Schraubenmutter führenden Ständer eine starre Verbindung mit dem Steuerkasten und ordnet lange Muttern mit nicht zu feingängigen Gewinden an. Analoger Weise dimensionirt man das Hebelcharnier nicht nach der Kraft, sondern nach dem Abnutzungsdruck, indem man die Berührungsfläche gross wählt und dadurch den Druck pro Flächeneinheit vermindert.

§ 482. Auf das Detail übergehend, ist zunächst auf die in Fig. 86 gegebene Anordnung hinzuweisen, welche Musil a. a. O. abgebildet hat.

Der vollständig in Blech gehüllte Steuerapparat enthält die Steuerungen für den Stahlkrahn, die beiden Converterwendemaschinen und die Drosselklappe für die Windleitung. Ein tiefliegendes, vom Accumulator kommendes Zulassrohr und ein hochliegendes Abflussrohr verbinden alle drei zuerst genannten Steuerapparate.

Wie der an der Seite befindliche Durchschnitt durch den Steuerkasten für die eine Converterwendemaschine zeigt, steigt das Wasser zuerst in den Schieberkasten und tritt in die eine der zu dem Wendeapparat führenden Oeffnungen der Schieberfläche. Zuoberst zweigt sich das zur Converterhebung zu benutzende Rohr, zuunterst das zur Convertersenkung und zum Giessen zu benutzende Rohr ab. Beide endigen zunächst in verschiedener Höhe und führen mittelst angeschlossener Kniee übereinander liegend nach den Wendemaschinen hin. Mitten zwischen beiden Stutzen ist an dem Schieberkasten der Stutzen des Abflussrohres angeschlossen, welches rechts vom Stahlkrahnsteuer (vom Standort des Steuerendes aus gedacht) nach unten sich umbiegt und wenig über der Accumulatorenleitung die Ventilkastengrube verlässt.

Der Bau des Stahlkrahnsteuerventils ist ähnlich, nur fällt die eine Leitung weg, da die Bewegung eine einfache ist. Man braucht sich demgemäss von dem Profil des Wendemaschinensteuerkastens nur das obere Rohr wegzudenken, welches bei diesem die Hebungsbewegung vermittelt, dann hat man den ganz richtigen Durchschnitt des Krahnsteuerkastens.

Aus demselben Profil erhellt auch die ganze Construktion der Schieberführung, die Einkapselung der Mutter und der Aufbau der Stellräder auf hohe, kegelförmige Hülsen, welche von dem gusseisernen Rahmen des Ventilkastens getragen werden und die vollkommene starre Verbindung der Schraubenspindelführung mit dem Schieberkasten, für welche Musil ausdrücklich plaidirt, zeigen.

Auffällig sind die ziemlich zahlreichen Flanschenverbindungen der Röhrenstränge noch im Bereich des Steuertisches; sie liegen indess alle auf der Vorderseite des ganzen Aufbaues und können durch Wegnahme der Blechverkleidung zugänglich gemacht werden. Auf der Rückseite vor den Steuerenden liegen alle Deckel der Schieberkästen frei, so dass auch hierfür die vollkommenste Zugänglichkeit gewahrt ist.

Im Anschluss an diese Anordnung gibt A. Musil noch die Skizze einer seiner Ansicht nach recht guten Combination von Hebel- und Schraubenspindelbewegung, welche hier unter Fig. 86a wiederholt ist. Die am Hebel gelenkartig fixirte Mutter, welche auf der horizontalen Steuerspindel bei deren Drehung sich hin und her bewegt, kann durch das Erfassen des Hebels, ähnlich wie die Arretirklinke eines Reversirhebels, losgekuppelt und dadurch die freie Beweglichkeit des Hebels hergestellt werden. Im anderen Fall, d. h. bei Drehung des Handrades, wird der Hebel mitgenommen, und steuert dann den Schieber nach Maassgabe der Schraubenbewegung. Damit die grosse Uebersetzung des Hebels hierbei nicht hinderlich wird und der Schieber nicht zu langsam geht, muss der Schraube eine entsprechend steilere Steigung gegeben werden.

§ 483. Eine neuere Steuertischanordnung geben die Figuren 87, 87a, 87b und 87c wieder, welche sieben Ventile zeigen, an den Enden die beiden Windventile, denen sich jederseits die Steuerkästen für die Wendemaschinen anschliessen, während die Steuerungen des Stahlkrahns und die beiden der Grube zunächst befindlichen Ingotkrahne in der Mitte liegen.

Die sämmtlichen Steuerungen sind auf einem die Wind- und Wasserzuleitung wie -ableitung vermittelnden gusseisernen Kasten aufgestellt. Vier starke innere Verrippungen in dem 700 mm breiten Theil, der den Wind führt, tragen sehr erheblich zur Vergrösserung der Festigkeit des Kastens bei, der längs beider Oberkanten in wulstigen Vorsprüngen die röhrenförmigen Kanäle für das Zufluss- und Abflusswasser eingegossen enthält, von welchen nach der Oberfläche des Kastens gleichweite Oeffnungen führen, auf denen die Ventilkästen und sonstigen Abführröhren für das gedrückte Wasser sitzen.

Die Windventile sind Doppelsitzventile, deren Einrichtung aus dem rechts gezeichneten Querschnitt im Aufriss der Fig. 87 sowie aus dem links gezeichneten Querschnitt bei Fig. 87a erhellt. Der Wind tritt aus dem Leitungskasten in grosse Gehäuse, welche in einem inneren Fortsatz des nach dem betreffenden Converter führenden Rohrstutzens die Ventilsitze haben, die durch den Winddruck selbst entlastet werden, da beide, an derselben Stange sitzend, in entgegengesetzter Richtung das eine auf Oeffnung, das andere auf Schluss gedrückt werden. Zur leichteren Bewegung ist auch noch an einem Knie des steuernden Hebels ein Gegengewicht befestigt.

Die Ventilstange ist unter dem untersten Verschluss durch einen Stift in einem Kreuz geführt, ausserdem noch durch die Stopfbüchse des Gehäusedeckels und durch einen büchsenartigen Ansatz an dem Lagerconsol des Kniehebels. Die Verbindung des letzteren mit der Ventilstange ist natürlich keine feste, sondern durch Scheere und Daumen.

Die hydraulischen Steuerapparate sind horizontale Schieber mit Schraubenhebel- und Stellradbewegung, wie sie auch von Musil angeregt oder vorgeschlagen war; doch ist die vorliegende Construktion älter als die Publication von Musil, womit indess keinerlei Ansicht über die relative Priorität ausgesprochen werden soll. Der Bau des ganzen Bewegungsmechanismus geht aus Fig. 87a rechte Hälfte deutlich hervor, und in derselben Figur finden sich auch die senkrechten Einzeldurchschnitte der Ventilkästen. Links zeigt sich der für Dreh- und Stahlkrahne, also für einfache Plungerwirkung benutzbare Ventilkasten, von dem noch in Fig. 87b links zwei Schnitte, zuoberst horizontal

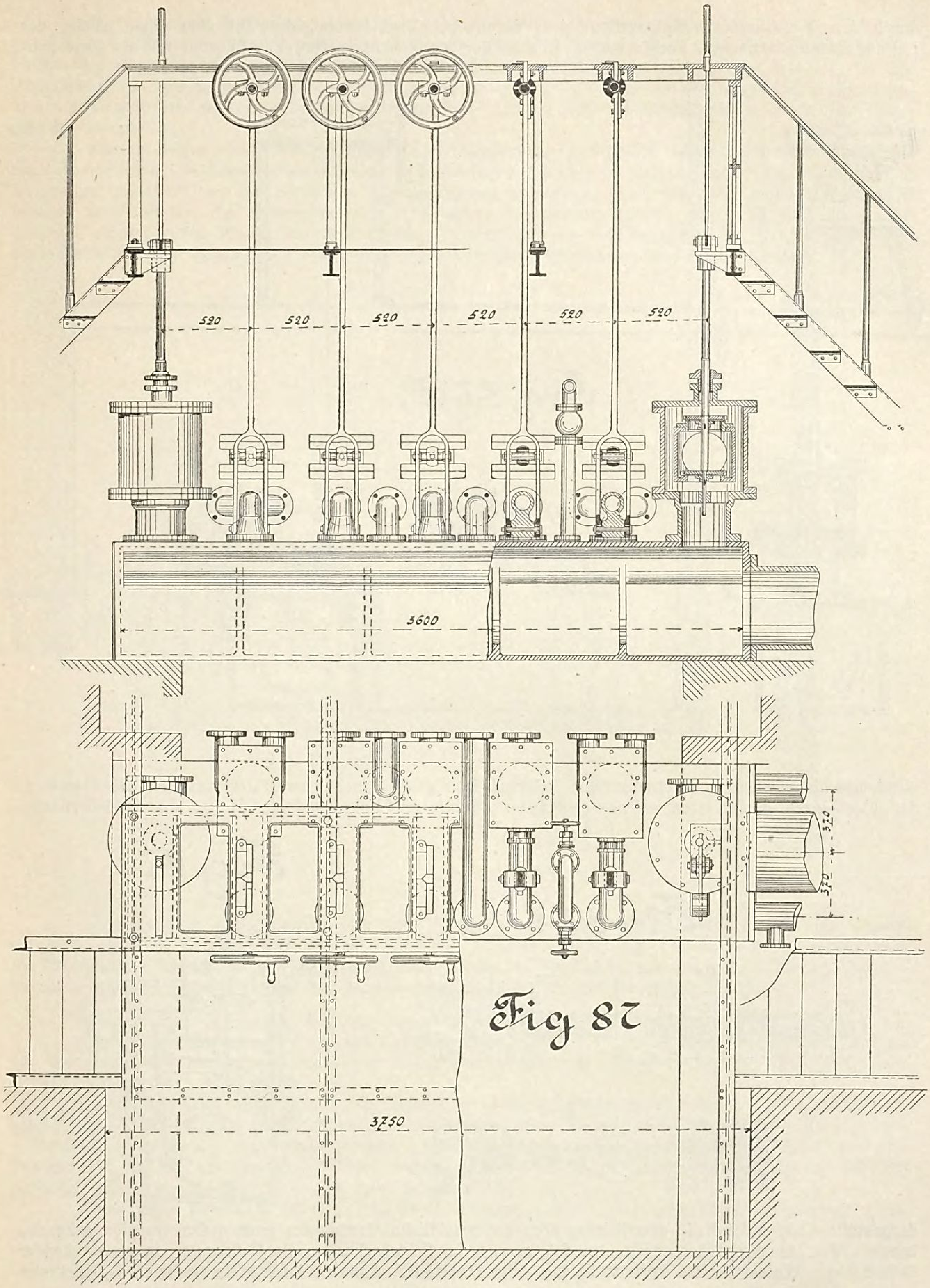


Fig 87

durch den. Ventilkasten, zuunterst vertical durch das Austrittsrohr, das auf dem einen Wulst des Leitungskastens aufsteht. Rechts in Fig. 87a ist der etwas complicirtere Ventilkasten für die Converter-

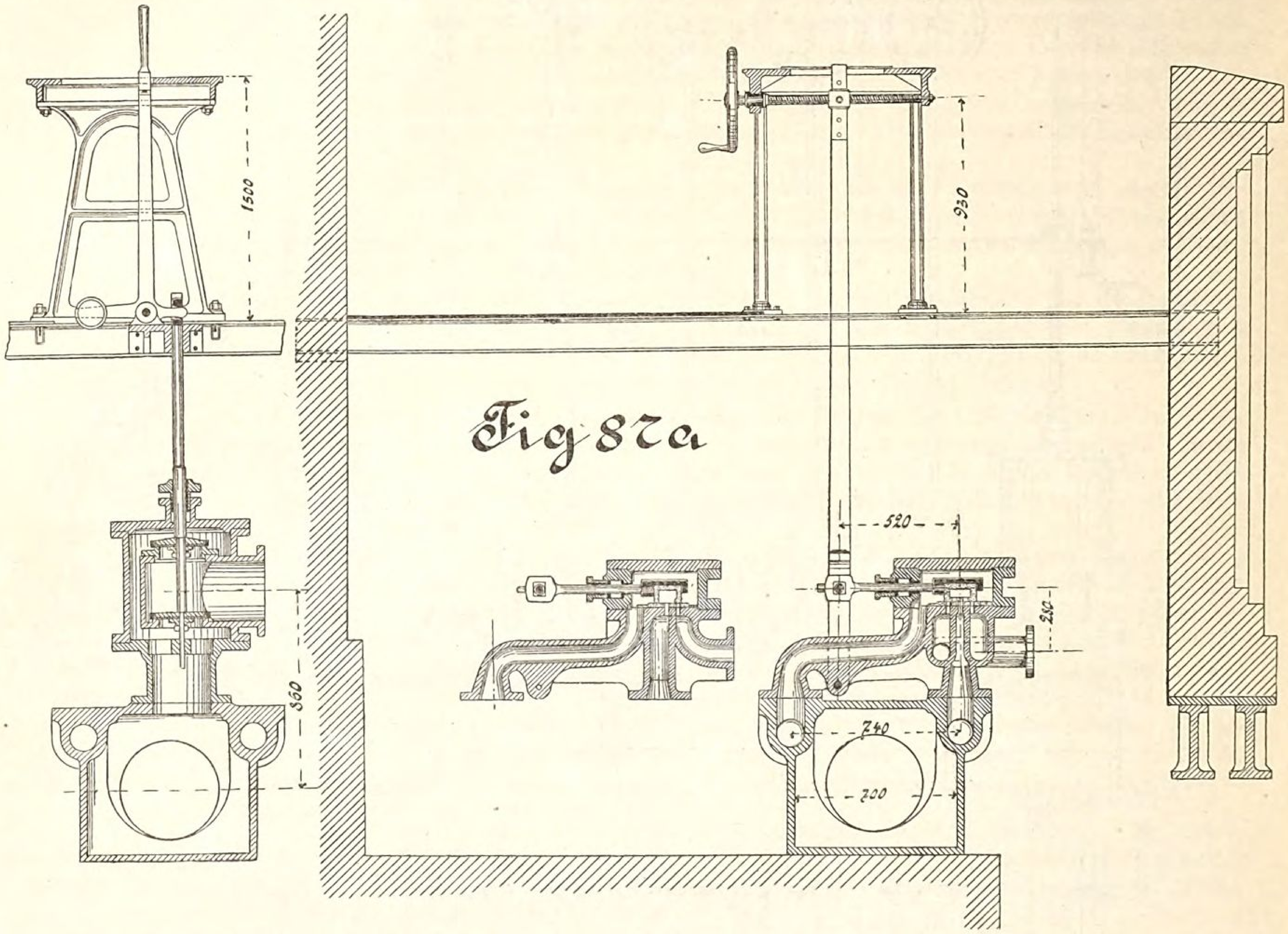


Fig. 87a

wendemaschinen vertical durchschnitten, während in Fig. 87b rechts zwei Horizontalschnitte desselben, der eine durch den Kasten selbst, der andere durch die Röhrenstränge unter der Schieberfläche,

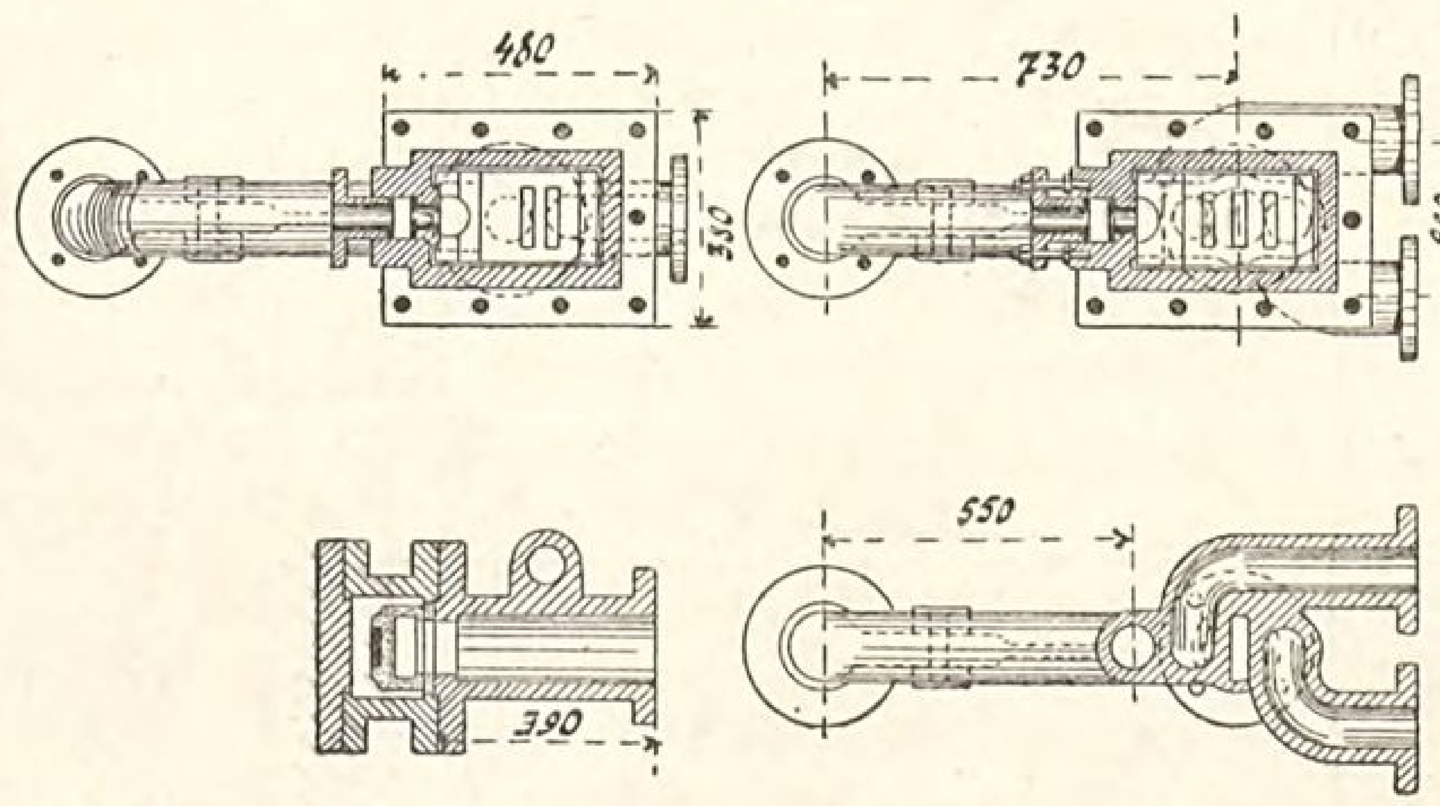


Fig. 87b

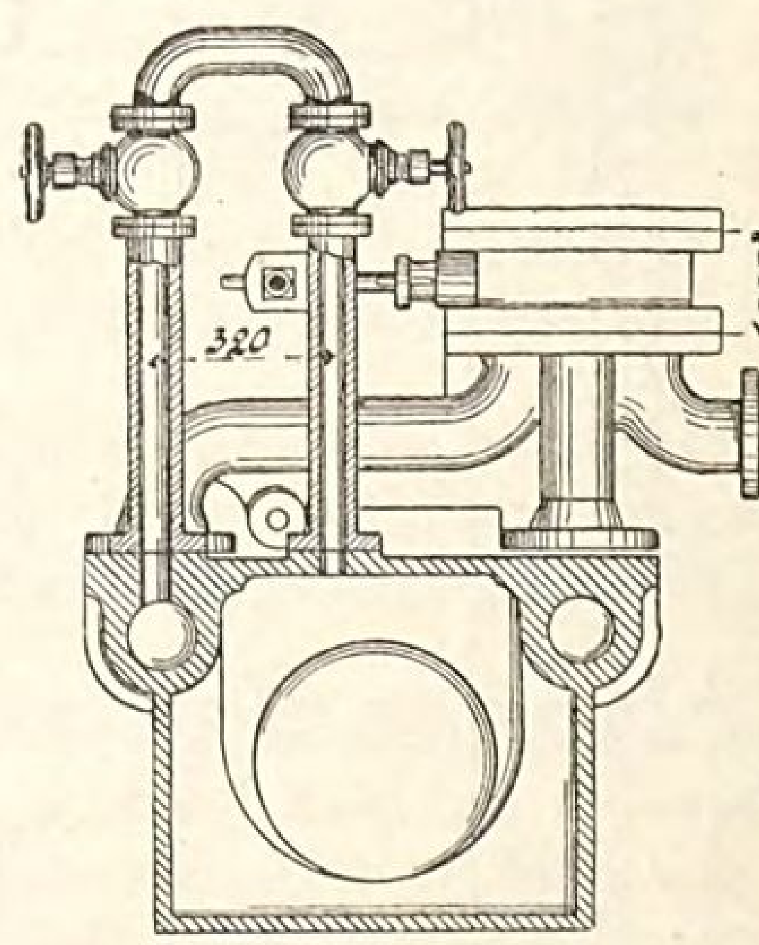


Fig. 87c

dargestellt sind, welche die complicirte, aber unvermeidliche Gestalt der ganzen Construktion erkennen lassen. Von der Stopfbüchsenseite an folgen sich im Schieberkasten die Oeffnungen in nachstehender Reihenfolge: Wasserzutritt, Austritt in das linke Druckrohr, Abfluss, Austritt in das rechte Druckrohr.

Der mit zwei Oeffnungen versehene Schieber verbindet unter steter Freilassung des Wasserzutritts den Abfluss abwechselnd mit einer der beiden Druckleitungen, welche nach den beiden Cylinderhälften der Converterwendemaschine führen. Um die Schieberfläche nicht zu gross zu erhalten, ist das Abflussrohr von zusammengedrückter Gestalt, nach unten ist es wieder in die runde Querschnittsform übergehend geformt, während die beiden Druckrohre gleich unter der Schieberfläche kreisrunde Querschnitte haben.

Ausser diesen ohne Weiteres nunmehr verständlichen Ventilkästen zeigt der ganze, in Fig. 87 nach Ansicht und Grundriss zusammengestellte Steuerapparat noch zwei Leitungsrohre ohne Steuerkasten, welche zu beiden Seiten des mittelsten Steuerapparates angeordnet sind, und von denen das eine auf dem Accumulatorrohr, das andere auf dem Abflussrohr des Leitungskastens sitzt. Es sind das Rohre, die nach einem dritten Ingotkrahn führen, der einen besonderen Steuerapparat am Plunger selbst hat, weil der betreffende Betrieb mit der Führung der Chargen nicht unmittelbar zusammenhängt.

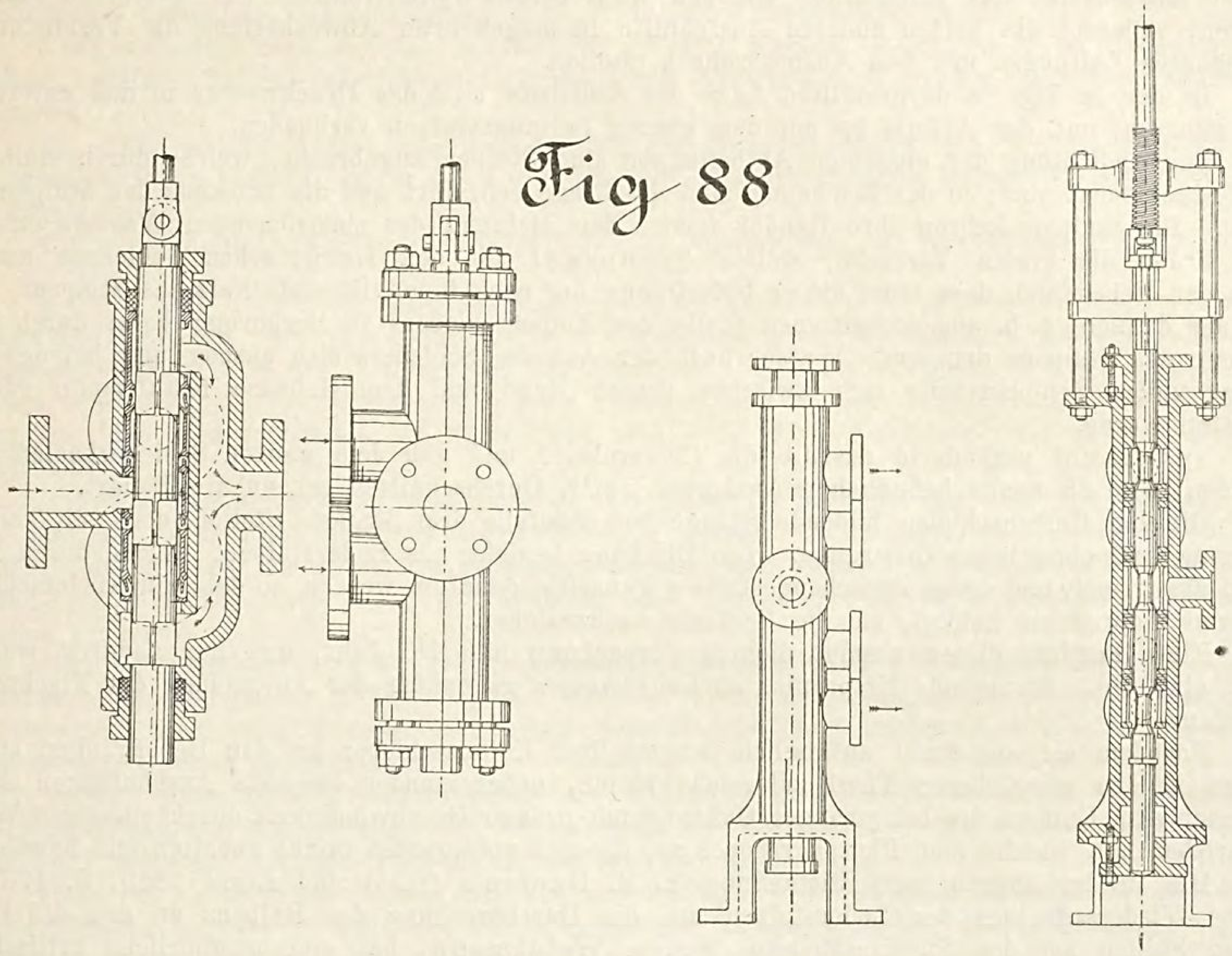


Fig. 88

Dann befindet sich zwischen dem einen Krahnsteuerkasten und dem Kasten für die eine Wendemaschine eine mit doppeltem Verschluss versehene Rohrverbindung von der Druckwasserleitung nach der Windleitung des allgemeinen Leitungskastens, welche bei der Entleerung des hydraulischen Apparates im Falle unterbrochenen Betriebs und eingetretener Frostgefahr zur Benutzung kommt.

§ 484. Die Frage der Reibung und Entlastung bei den Steuerapparaten hat auch zur Anwendung des in der Dampfmaschinentechnik beliebt gewordenen Cylinderschiebers geführt, welcher mit der guten Eigenschaft der einseitigen Belastung diejenige des direkten Angriffes der Stange zum Drehen verbindet.

Auch der wegen seiner natürlichen Entlastung im Dampfmaschinenbau beliebte Kolbenschieber, dessen einzelne Oeffnungen durch umgelegte Ledermanschetten untereinander abgedichtet sind, ist zur hydraulischen Steuerung angewandt worden. Obermaschinenmeister Spannagel will damit auf den Werken des Phönix gute Resultate erzielt haben, nachdem K. Luthy zu Bolton in England die Construktion zuerst beschrieben (Iron and Steel Institute 1874, II).

Nach einer von R. M. Daelen (Glaser's Annalen 1877, S. 240) gemachten Aeusserung würde eine solche Construktion nicht gewählt worden sein, wenn man den starken Verschleiss der dadurch ersetzten anderen Constructionen rechtzeitig durch Anwendung reinen filtrirten sowie mit etwas Seife versetzten Wassers verhindert hätte. — In Fig. 88 wird nach einer Publication in Stahl und Eisen

1883, S. 176 das Detail dieser Steuerungsventile dargestellt, welche Darstellung sich wesentlich auf die Steuerungen für Wendemaschinen bezieht.

Vier cylindrische, kolbenartige Zonen sind bei der links dargestellten älteren Luthy'schen Construktion auf einer gleichdicken Stange dadurch hergestellt, dass zwischen denselben der Querschnitt der Stange durch runde, nuthartige Einsprünge zu einem rosettenartigen wird.

Dieser Kolbenschieber bewegt sich in einem an beiden Enden mit Stopfbüchsen versehenen Rohr, an welchem vier Stutzen nach drei verschiedenen Richtungen angegossen sind. Der Stutzen links in der Zeichnung ist der Wassereinlass, die beiden Stutzen, die im Durchschnittsbild auf der Rückseite sich befinden, bilden die Anschlüsse an die beiden Cylinderhälften der Wendemaschinen, und der vierte, dem Einlassstutzen gerade gegenüberliegende Stutzen ist der Wasserauslass.

Die in Rosettenform ausgeschnittenen Theile des Kolbens sind voneinander durch Lederstulpen getrennt, welche stets in Contakt mit den vollen Kolbentheilen bleiben müssen. Der mittelste Ausschnitt verbindet abwechselnd das Einlassrohr mit den nach beiden Cylinderhälften der Maschinen führenden Leitungen, während die beiden anderen Ausschnitte in umgekehrter Abwechselung die Verbindung der ebengenannten Leitungen mit dem Ausflussrohr herstellen.

In der in Fig. 88 dargestellten Lage des Schiebers tritt das Druckwasser in den unteren der Leitungsstutzen, und der Abfluss ist mit dem oberen Leitungsstutzen verbunden.

Zur Abdichtung der einzelnen Abtheilungen sind Stulpen angebracht, welche durch einliegende Ringe festgeklemmt sind; in der Zeichnung sind die Ringe schraffirt und die Substanz der Stulpen weiss gelassen. Die Stulpen kehren ihre Ränder immer der Richtung des einströmenden Wassers entgegen.

Schon die ersten Versuche, welche Spannagel mit den Luthy'schen Schiebern anstellte, ergaben den Uebelstand, dass trotz dieser Befestigung der nach innen liegende Falz des Stulpens, sobald er mit der dünnen, d. h. ausgeschnittenen Stelle des Kolbenschiebers in Berührung kam, durch das in das Innere des Stulpens dringende Wasser nach der Axe des Schiebers sich ausbog und bei der Rückkehr des vollen Schiebertheils sich zwischen dessen Rand und dem Gehäuse festklemmte oder abgeschnitten wurde.

Spannagel veränderte deshalb die Construktion und gab dem ganzen Schieberkasten die in den beiden, Fig. 88 rechts befindlichen Ansichten, bezw. Durchschnitten erkennbare Bauart.

Die den Kolbenschieber bildende Stange hat ebenfalls drei dünnere Stellen, doch mit konischer Begrenzung und ohne jeden Uebergang. Die Dichtung besteht aus Lederstulpen, welche durch Druckscheiben abgegrenzt und durch Zwischengestelle gegenseitig gehalten werden, so dass ein Niederschrauben der oberen Stopfbüchse genügt, um die Packung nachzuziehen.

Eine Garnitur dieser absolut dichten Verpackung hält $1^1/_2$ Jahr, und nur dadurch wurde es möglich, eine $25/_{00}$ betragende Ersparniss an Druckwasser gegenüber der Anwendung der Flachschieber zu erzielen.

Nachdem die aus Stahl anfänglich hergestellten Kolbenschieber an den Uebergängen aus dem stärkeren in den schwächeren Theil zahlreiche kleine, nebeneinander liegende Aushöhlungen gezeigt, welche man dem Einfluss des bei geringer Oeffnung mit grosser Geschwindigkeit durchgepressten Wassers zugeschrieben hat, wandte man Phosphorbronce an, die sich vollkommen intakt gehalten und bewährt hat.

Die in der angezogenen Mittheilung R. M. Daelen's (Stahl und Eisen 1883, S. 176) noch erwähnte Wiederaufnahme der Lederstulpen und die Durchbrechung des Kolbens an den die Muschel bildenden Stellen bei den Steuerschiebern, System Weidtmann, hat eine ausführliche kritische Besprechung nicht erfahren.

Gebläse.

§ 485. Die für den Converterbetrieb nothwendigen Gebläse gehören zu den Luftpumpenmaschinen mittlerer Pressung und grösserer Luftlieferung. Sie sind gleich bei der ersten betriebsfähigen Gestaltung des ältesten Converterprocesses von Bessemer selbst angegeben worden, und lange Zeit hindurch hat man diese ersten Modelle einfach copirt, ohne irgend Erhebliches daran zu verändern.

Erst seit der grösseren Verbreitung der Converterprocesse sind wichtige Verbesserungen in diesem Theil der Ausrüstung der Stahlwerke gemacht worden, welche aber augenblicklich noch nicht abgeschlossen sind.

Die Bessemergebläse haben im Ganzen weit weniger comprimirte Luft zu liefern, als von den Hochöfengebläsen verlangt wird; die Pressung muss aber weit höher gesteigert werden und beträgt nach der täglichen Erfahrung 1000—1500 mm Quecksilber, gleich 1,3—1,9 Atmosphären.

Es sind meistens direkt wirkende, verschieden rasch gehende Maschinen, deren Betrieb je nach der Chargenführung ein vielfach unterbrochener ist, mit längeren oder kürzeren Pausen bei steter Betriebsbereitschaft.

Anfänglich arbeitete man durchweg mit kleinen liegenden Maschinen, welche sehr schnell liefen und welche namentlich nach dem Patent Leyser & Stiehler gebaut waren, unter Anlehnung an die älteste Ausführung Bessemer's.

Später sah man ein, dass das Construktionssystem selbst, wie auch die hohe Tourenzahl für das Bessemergebläse gleich untauglich sind, und erbaute kräftige und langsam gehende Maschinen, während man in entsprechend geänderter Form und Abmessung die bei den Hochofengebläsen schon längst üblichen Klappen- und Ventilcombinationen adoptirte, so dass aus dem Bessemergebläse ein modificirtes Hochofengebläse entstand (A. Musil, Die neueren Bessemergebläse, in der Kärnthner Zeitschrift 1876, S. 50 u. ff.).

Solcher Art auf die Erfahrungen bei grossen Hochofengebläsen hingewiesen, befürchtete man auch bei den vergrösserten Bessemergebläsen gleicher Anordnung die einseitige Abnutzung mancher liegenden Hochofengebläse zu erleben und ging vielfach zu der stehenden Anordnung auch bei den Bessemergebläsen über.

Nachdem eine ganze Reihe sehr bedeutender und wirkungsvoller Construktionen nach diesem letzteren System entworfen und ausgeführt worden sind, geht man auf Grund anderweitiger Erfahrungen sowie seither entstandener Verbesserungen wieder vielfach zu liegenden Maschinen über, deren Anordnung auch von namhaften Construkteuren, z. B. A. Riedler, vorgezogen wird.

Vereinzelt sind auch andere Anordnungen versucht worden, welche auch bei Hochofengebläsen auftreten: nämlich Balancier-Zwillingsmaschinen nach Woolf'schem System und mit angehängtem Schwungrad.

Je näher in der Bauart und dem Betrieb die Bessemergebläse den Hochofengebläsen kamen, um so weniger lagen Gründe vor, in der Anordnung auf dem ursprünglich begrenzten Standpunkt weiter stehen zu bleiben.

Die gegentheiligen Vorzüge und Nachtheile der Anordnungen sollen zunächst besprochen werden.

§ 486. Die liegende Gebläsemaschine zeichnet sich durch die grössere Solidität der Aufstellung aus, die allerdings mit in der Ausdehnung des Fundaments sich begründet; ferner ist nicht zu leugnen, dass die Wirkung der Maschine eine weit übersichtlichere und sicherere als die der stehenden sein muss, wo der Maschinist in ganz verschiedenen Niveaus zu thun hat, und es ihm kaum möglich ist, den Chargenbetrieb zu überblicken und sich jeden Augenblick mit dem Betriebsführer zu verständigen.

Dagegen sind als gewisse Schattenseiten der liegenden Maschine nur die Grösse des Fundaments und die Befürchtung des Unrundlaufens zu nennen. Jene involvirt aber nur einen höheren Kostenpreis der Anlage, der durch die genannten Vorzüge sich vollständig bezahlt macht, und die letztangeführte Befürchtung wird durch nachfolgende, der Darstellung Musil's entlehnte Betrachtungen wesentlich reducirt.

Das Unrundlaufen soll bei der liegenden Maschine durch den vermöge seines Gewichts die Kolbenstange durchbiegenden Kolben bewirkt werden. Wenn der Construkteur diesen Uebelstand auch nicht ganz beseitigen kann, so kann er ihn durch verschiedene Vorsichtsmaassregeln bei der Construktion auf ein geringes Maass einschränken.

Starke, gutgeführte Kolbenstangen, hohe und leicht gebaute Kolben bieten die beste Führung und Unterstützung der Kolbenstange und verschleissen den Cylinder vermöge des verringerten Flächendruckes auch bedeutend weniger als schmale und schwere Kolben.

Dann ist zu berücksichtigen, dass der Kolbenkörper von kleinerem Durchmesser gemacht wird als der Cylinder, so dass im Fall des Durchbiegens der Kolbenstange nur die Liderung, nie aber der Kolbenkörper selbst auf der Cylinderfläche zum Arbeiten kommt.

Musil führt hier das Beispiel eines liegenden Hochofengebläses zu Laurahütte an, welche nach halbjährigem Betrieb bei einer gelegentlichen Demontirung im unteren Theil des Blasecylinders Riefen von bis 3 mm Tiefe zeigte, welche anderen Unebenheiten an der Peripherie des Kolbenkörpers entsprachen, während die Beschaffenheit der Stopfbüchse ein Durchbiegen der Kolbenstange erkennen liess.

Es musste demnach nicht allein die Liderung, sondern auch der rohe Kolbenkörper auf der Innenfläche des Cylinders gearbeitet haben.

Das hierdurch hervorgerufene Undichtsein ist ein absolutes und deshalb eine solche Abnutzung viel nachtheiliger als ein mässiges Unrundlaufen, wobei aller Undichtheit durch eine federnde Kolbenliderung abgeholfen werden kann.

Bei stehenden Gebläsen kommt, selbst bei sorgsamer Ausführung, ein merkliches Ausschlagen in den oberen Partieen und ein einseitiges Abheben vom Fundament vor, woraus geschlossen werden kann, dass Vibrationen und Stösse sich für die Maschine weit nachtheiliger gestalten können als bei der in allen Punkten mit dem Fundament fest verankerten liegenden Anordnung.

In dieser Eigenthümlichkeit begründet sich auch das oft beobachtete Bestreben, stehende Bessemergebläse kurz und breit, d. h. stämmig zu bauen.

§ 487. Bau der liegenden Gebläse. Die liegenden Gebläse für Converterbetrieb sind in der allgemeinen Anordnung wesentlich gleich; es folgen nacheinander die Kurbelwelle, der

Dampfcylinder, der Gebläsecylinder, und es wird nahezu stets das Zwillingssystem mit Expansion und ohne Condensation benutzt.

Die gekuppelten Kolbenstangen beider Cylinder werden ausser durch die Stopfbüchsen noch dreimal geführt, an jedem Ende der ganzen Stangenverkuppelung und in der Mitte zwischen beiden Cylindern. Die Führung vor dem Dampfcylinder ist gewöhnlich eine doppelte Linealführung, ausnahmsweise auch eine Rundführung, während die beiden anderen als einfache Schuhführungen ausgebildet werden. Empfehlenswerth sind an allen Führungen Stellvorrichtungen, doch findet man solche gewöhnlich allein an der vorderen Kreuzkopfführung.

Für den Unterbau des Gebläses eignet sich die alte, gänzlich auf dem Fundament aufliegende Rahmenbettform am besten; die beiden Cylinder lassen sich alsdann einfach und solid auflagern, besser als bei dem neuerdings oft angewandten Balkenbett.

Das Kurbellager bildet für sich einen Theil der Maschine, ist aber meist in fester, metallischer Verbindung mit der ganzen übrigen Vorrichtung. Die Lagerschalen sind, der Einfachheit halber horizontal getheilt, zweitheilig. Die Verbindungen der Maschine mit dem Schwungrad, also die Schubstange, die Kurbel und die Kurbelwelle, werden gewöhnlich ebenso stark dimensionirt wie für eine gleichwerthige Betriebsdampfmaschine, obwohl die Arbeit des Dampfkolbens nicht durch die Schwungradwelle, sondern direkt durch die verkuppelte Kolbenstange auf den Windkolben übertragen zu werden scheint.

Dennoch darf jene Construktion schon deshalb nicht befremden, weil die bei den neueren Gebläsen stets vorhandene hohe Expansion in der Periode des Hubes, welcher der vollen Windpressung entspricht, die Dampfspannung stetig vermindert, während der Dampfzutritt in einer Hubperiode stattfindet, in welcher im Gebläsecylinder ein minimaler Gegendruck zu constatiren ist.

Es wird dadurch periodisch ein Arbeitsüberschuss des Dampfkolbens an das Schwungrad abgegeben, der ebenso periodisch von dem Gebläsekolben in Anspruch genommen wird; Kurbelwelle, Kurbel und Schubstange haben mithin doch mehr zu leisten als die blosse Ueberwindung der todten Punkte und die Steuerungsbewegung.

Ausserdem ist der das Zwillingsgebläse charakterisirende Austausch von producirter und consumirter Arbeit der beiden Maschinen bei der Abmessung der vorgenannten beweglichen und übertragenden Theile zu berücksichtigen; doch ist dies bei jeder Gebläseanordnung, ob liegend, ob stehend, in gleichem Maasse der Fall, sobald das Zwillingssystem vorhanden ist.

Die liegenden Maschinen werden entweder mittelst Schieber oder mit Ventilen gesteuert, welche fast durchgängig mit variabler Expansion arbeiten.

Die Expansion wird von Hand verstellt, entweder für beide Maschinen gleichzeitig oder für jede Maschine, bei Ventilsteuerungen sogar für jedes Ventil besonders.

Die erste Anordnung ist als ökonomisch und rationell zu bezeichnen, da sie den Vortheil gewährt, den Gang der Maschine durch den Füllungsgrad allein zu reguliren; sie verdient unbedingt den Vorzug vor der zweiten und dritten, bei denen die Regulirung des Ganges der Maschine namentlich durch das Absperrventil, also durch Drosselung des Dampfes, erfolgt.

§ 488. Der wichtigste Theil der Gebläsemaschine, der Windcylinder, weicht in seiner Construktion etwas ab von den bei den Hochofengebläsen üblichen Verhältnissen und Ausführungen.

Zunächst ist zu bemerken, dass die allermeisten Gebläsecylinder der Converteranlagen mit Wasserkühlvorrichtungen versehen sind, welche der übermässigen Erhitzung der Gebläseluft und ihrem verderblichen Einfluss auf die sämmtlichen Theile des Apparates entgegenarbeiten sollen.

Das Kühlwasser umspült den Blasecylinder in einem zum Cylinder concentrischen Mantel (meist aus Blech, oft auch aus Gusseisen), welcher 40—60 mm weit von der Cylinderwand entfernt bleibt, fliesst durch ein Rohr unten ein und oben wieder ab.

Dadurch wird der Mantel selbst nur handwarm, während die mit der Kühlung nicht in Verbindung oder direkter Berührung stehenden Theile des Cylinders so heiss werden können, dass sie sich nicht berühren lassen.

Die Deckel der Gebläsecylinder sind stark verrippt und aussergewöhnlich hoch und stark construirt, da bei den anfänglich schwächer gebauten Blasecylindern Deckelbrüche nichts Ungewöhnliches waren.*)

Ein sehr empfindlicher Theil der Ausrüstung des Blasecylinders ist bei den hier betrachteten Maschinen die Anordnung und der Bau der Ventile oder Windsteuerungen. Anfänglich und auch jetzt noch theilweise bediente man sich der selbstthätigen Klappen und Ventile, deren Spiel nur durch die Druckdifferenzen und die Bewegungswechsel veranlasst wurde.

In neuerer und neuester Zeit ist man zu automatischen und durch den Mechanismus der Maschine gesteuerten Ventilen übergegangen.

*) Der Verfasser erinnert sich, 1867 auf der Königin-Marienhütte die glatten und blank bearbeiteten Deckel der dortigen ältesten Bessemergebläsemaschine wie eine Membran sich aus- und einbiegen gesehen zu haben, je nachdem der Kolben sich näherte oder sich entfernte. Die Spiegelung auf der Deckelfläche liess diese sehr kleine Formveränderung leicht erkennen.

§ 489. Die erste von Bessemer angegebene, später von Leyser & Stiehler abgeänderte Ventil- oder Klappenconstruktion bestand in der Anwendung von Kautschukbändern oder -riemen, welche eine oder zwei Reihen von engen, kreisförmigen Oeffnungen bedeckten und abwechselnd von denselben durch den Ueberdruck der anderen Seite gehoben und ausgedehnt wurden, um beim Wechsel der Kolbenbewegung sich wieder fest auf die Oeffnungen zu legen.

Wie auf Taf. XVI für die Austrittsventile noch deutlich zu erkennen, war der Blasecylinder ausserhalb seiner Wasserkühlung an beiden Enden mit einem Kanal umgeben, in welchem, gehalten durch Stifte oder Bügel, der in der Zeichnung fortgelassene Kautschukring spielte. In einem zweiten Ringkanal, doch innerhalb einer Verkröpfung am Deckel, hatte Bessemer auch für die Einlassöffnungen einen derartigen Kautschukring angeordnet, der dem anderen concentrisch gegenüberlag.

Leyser & Stiehler haben den Kautschukring nur für die Austrittsventile beibehalten und sind für die Einlassventile zu der anderen älteren Einrichtung zurückgegangen. Bei dem schwachen Betrieb der ersten Stahlwerke hielten diese Gummiringe leidlich, bei gesteigertem Betrieb, wo die Maschine erhitzt blieb, erwiesen sie sich als nicht mehr brauchbar.

In neuerer Zeit hat man in Folge dessen es vermieden, auf das Riemenringventil zurückzukommen und bedient sich ähnlicher Klappen und Ventile, wie sie bei den Hochofengebläsen längst angewandt wurden.

Doch liegt auch hier die Hauptschwierigkeit in der Wahl eines der hohen Temperatur der gepressten Luft hinlänglich widerstehenden Dichtungsmaterials.

Metallene Ventile würden in letzter Hinsicht das geeignetste Material abgeben, sie sind aber wegen des lauten Schlagens und des Lärms nicht beliebt und bei keinem der neueren liegenden Bessemergebläse in Anwendung. Ausserdem geben sie durch Sichausschlagen gleichfalls zu Undichtheiten und steten Reparaturen Veranlassung.

Kautschuk hat sich in jeder Form der Anwendung als unpraktisch erwiesen, da er der bedeutenden Temperatur gegenüber durchaus undauerhaft ist und seine Beschaffenheit rasch verändert.

Leder verhält sich analog und hat sich auch als untauglich erwiesen.

Das einzige der in Betracht kommenden weichen und sich anschmiegenden Materialien ist der Filz, wie er bei den Hochofengebläsen schon längst in Verwendung sich findet.

Man wendet denselben vorwiegend in der Form der zweiseitig armirten Rundventile an, welche axial geführt und in ihrem Hub durch Feder- oder Kautschukpuffer begrenzt werden. Sie werden so construirt und disponirt, dass sie einzeln für sich und wo möglich während der Charge selbst ausgewechselt oder unschädlich gemacht werden können.

Musil empfiehlt langhaarigen Kuhhaarfilz von 15 mm Dicke, der sich wohl anfangs etwas platt schlagen, aber der Temperatur sowohl als den hohen Pressungen in genügendem Maasse widerstehen soll.

§ 490. Die Anwendung der gesteuerten Ventile und Schiebersteuerungen ist bei den Bessemergebläsen aus verschiedenen Ursachen hervorgegangen.

Zunächst aus dem heftigen Stossen und Schlagen, welches die dem Hochofengebläse entlehnten selbstthätigen Organe bei der Anwendung in dem raschen Betrieb der Converter zeigten, und aus der daraus hervorgehenden Schwierigkeit, ein diesen fortgesetzten Inanspruchnahmen gegenüber hinlänglich widerstandsfähiges Dichtungsmaterial zu finden.

Man suchte diese gesteuerten Organe zunächst als Schieber auszubilden, nachdem schon viel früher, als der Bessemerprocess es verlangte, Schiebergebläse verschiedener Art bei den Hochöfen verwendet worden waren, als man eine grössere Kolbengeschwindigkeit für erspriesslich hielt.

v. Hauer (Hüttenwesens-Maschinen, 2. Aufl. 1876, S. 102 u. ff.) leitet die erste Anregung zur Benutzung von Windsteuerungen von dem Bemühen her, die Vortheile einer grossen Kolbengeschwindigkeit überhaupt zu erreichen, und beschreibt nacheinander die Construktion und Anwendung von Muschelschiebern (Thomas & Laurens und Cavé), Cylinderschiebern (Slate), Kolbenschiebern, Drehschiebern (Fossey), und geht dann zur theoretischen Untersuchung einzelner wichtiger Momente und zur Kritik über.

Aus derselben geht die Unbrauchbarkeit der Muschelschieber an sich für sehr hohe Pressung hervor sowie die zu grosse Complicirtheit der Slate'schen und Fossey'schen Schieber, weiter, dass zu den genannten (genau ausgeführten) Nachtheilen für die Anwendung zum Bessemern noch der schlechte Einfluss der mit diesem Betriebe einmal unabänderlich verbundenen veränderlichen Spannung der comprimirten Luft hinzutritt.

Die mechanisch bewegten Schieber etc. entsprechen nur der bestimmten Pressung, für welche man sie berechnet hat. Ist beim Betrieb z. B. die Spannung in der Windleitung kleiner als die anfänglich zu Grunde gelegte, so wird die Luft im schädlichen Raum zu stark verdünnt, die auszublasende Luft aber zu stark verdichtet; daher sinkt der Wirkungsgrad, und sowohl das Ausblasen wie das Ansaugen muss mit einer stossweisen Bewegung der Luft beginnen.

Musil bemerkt darüber (a. a. O., S. 54), dass die Funktion des Saugens, wenn man von den kleinen Schwankungen der Atmosphäre absähe, sich theoretisch richtig durch Schieber reguliren liesse, sobald die Grösse der schädlichen Räume bekannt und die Spannung des gepressten Windes eine constante sei.

Mit dem Variiren der letzteren höre auch das theoretisch richtige Funktioniren der automatisch bewegten Steuerung auf und es wird der Schieber in einem Moment den Saugkanal zu früh öffnen und ein Theil der im Saugraum befindlichen, noch gepressten Luft unbenutzt entweichen, im anderen Fall durch verspätetes Eröffnen eine für die Leistung der Maschine schädliche Luftverdünnung hervorrufen.

Man muss daher in der Praxis solcher Gebläse den Schieber so stellen, dass er für eine mittlere Windpressung richtig steuert; hat man aus der Erfahrung diesen Mittelwerth richtig gegriffen, so sind die Effektverluste durch zu frühes oder zu spätes Oeffnen unerheblich und bieten gegen die bei den selbstthätigen Steuerungsorganen vorkommenden Verluste noch Vortheile, besonders wenn der schädliche Raum im Verhältniss zum Hubvolum ein möglichst kleiner ist.

Die Funktion des Drückens durch Schieber zu steuern, ist jedoch, auch nach Musil's Ansicht, in Anbetracht der schwankenden Betriebsmassen ganz verwerflich, da in dem einen Fall der gepresste Wind aus der Leitung in den Cylinder zurückströmen, im anderen Fall ein die Nutzleistung der Maschine direkt vermindernder Pressungsüberschuss hervorgerufen wird.

§ 491. Die nächste Folge der Wahrnehmungen, welche man bei den Schiebergebläsen machte, war die Einführung einer combinirten Ventil- etc. Construktion, bei welcher gesteuerte Schieber nur für das Saugen, dagegen Ventile für die Drucköffnungen benutzt werden, und zwar entlastete Doppelsitzventile, die so disponirt sind, dass jedes derselben für sich im Fall des Versagens nachgesehen oder ausgewechselt werden kann.

Diese Combination ist deshalb schon vortheilhafter als die Anwendung ausschliesslich selbstthätiger Ventile, weil, die Windverluste beider Systeme durch Undichtheiten der Klappen und Ventile oder Schieber als gleichwerthig vorausgesetzt, und die Identität der Druckventilconstruktionen zugegeben, die Steuerung der Saugventile ein bei gleichbleibender Windpressung einfacher und bei richtiger Construktion auch dauerhafter Mechanismus ist.

Leider blieb aber dieser Art vollständiger Steuerung immer noch die Unzulänglichkeit eigen gegenüber den beim Converterbetrieb nie zu vermeidenden Pressungsschwankungen; Wind- und Effektverluste stellten sich regelmässig ein.

Ein solches Gebläse in Prävali (erbaut von Schultz & Göbel in Wien) wird von Musil als das erste nach diesem System in Deutschland und Oesterreich erbaute bezeichnet (a. a. O., S. 69).

Nach der Darstellung des genannten Praktikers besteht die Windsteuerung dieses Gebläses, welches englischen Vorbildern (Tannet, Walker & Co. in Leeds, Daniel Adamson & Co. in Hyde Junction bei Manchester) nachconstruirt war, in automatisch bewegtem Saugschieber einerseits und entlasteten Druckventilen andererseits.

Der Gebläsecylinder ist an beiden Enden durch je einen Kanal mit dem parallel zur Maschinenaxe liegenden Schieberrohr und den Ventilkästen verbunden.

Die Kanäle erweitern sich um das Schieberrohr zu concentrischen, ringförmigen Kammern und münden durch zwei Reihen diametral gestellter Saugschlitze in das Innere des Rohres.

In letzterem bewegen sich der Axe nach zwei fest, aber verstellbar an einer Stange sitzende entlastete Kolbenschieber, welche die Saugschlitze abwechselnd schliessen oder offen lassen. Im ersten Fall umfliesst die gepresste Luft das in der Kanalkammer befindliche Rohrstück und gelangt durch das darüber stehende Druckventil in die Windleitung. Im anderen Fall wird der Kanal und durch ihn der Cylinder durch die geöffneten Schlitze mit der freien Luft im Schieberrohr in Verbindung gesetzt.

Die Schieber sind durch Kolbenringe und Stellschrauben gedichtet und in centrischen Bügeln gut geführt und es erfolgt der Antrieb von der Steuerwelle aus durch eine im Schieberrohr zwischen beiden Kolben situirte Herzscheibe; das Oeffnen und Schliessen der Kanäle erfolgt dadurch mit der der Dreiecksbewegung eigenen Präcision.

Derartige Schiebersteuerungen haben nach mehrjährigem Betrieb gute Resultate gegeben und zeigten gegen die alten Maschinen die vortheilhafte Erscheinung, dass die Cylinder fortan kühl blieben, und dass nur die Windleitung eine Temperatur von 60—80° (schätzungsweise) annimmt. Die Wasserkühlungen werden hiernach mehr oder minder überflüssig.

§ 492. Ganz neue Gesichtspunkte kamen in die Steuerungslehre der Bessemergebläse durch Riedler, welcher bereits in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure (1884, S. 1) ein von ihm für das Stahlwerk Heft entworfenes horizontales Gebläse beschrieb und dabei die ihm mittelst Patent vom 10. Juni 1883 an geschützte Ventilconstruktion, in Neuerungen an selbstthätigen Ventilen für Pumpen und Gebläse bestehend (D. R.-P. No. 24849, ausgegeben 16. Novbr. 1883), ausführlich mit-

theilte, wenn auch die besonderen Verhältnisse der betreffenden Maschine eine volle Entfaltung des Princips und die bestmögliche Anwendung noch nicht gestatteten.

Die Patentansprüche sind:

1. gewöhnliche selbstthätige, einsitzige, durch Spindeln parallel zum Sitz geführte Ventile für Pumpen, Gebläse u. dgl., mit regulirbarer Entlastung durch Federn behufs Erzielung der raschen und vollständigen Eröffnung der Ventile;
2. selbstthätige, einsitzige, durch Spindeln parallel zum Sitz geführte Ventile für Pumpen, Gebläse u. dgl., welche nach ihrer vollständigen Eröffnung kurz vor Ende des Hubes mittelst umlaufender Wellen, Daumen und Zwischenhebel theilweise geschlossen und dem Sitz genähert werden, während das noch freibleibende Spiel den wirklichen Ventilschluss und die Abdichtung unmittelbar beim Hubwechsel frei und selbstthätig ermöglicht, wie bei einem gewöhnlichen Ventil von geringem Hub;
3. die beliebige genaue Regulirung dieser selbstthätigen Schlussbewegung durch Einschaltung einer Verschraubung in die Ventilspindeln;
4. die Einschaltung eines elastischen Puffers in die Ventilspindeln oder Uebertragungshebel, um ein selbstthätiges Spiel der Ventile noch zu ermöglichen, falls die Steuerung unrichtig gestellt sein sollte.

Die Grundlage solcher gesteuerter Ventile nach dem Patent Riedler ergibt sich aus folgenden neuesten Aufzeichnungen, welche der Verfasser seinem ausgezeichneten Collegen verdankt.

Gewöhnliche selbstthätige Ventile und Klappen können bei den Geschwindigkeiten, wie sie bei den Bessemergebläsen vorkommen, nur mit geringem Ventilhub verwendet werden, weil sonst der Ventilschluss nicht im Moment des Hubwechsels, sondern nach demselben und mit heftigem Stoss erfolgen würde.

Je nach der Eigenthümlichkeit der Detailconstruktion können selbstthätige Ventile nur mit einem Ventilhub von 15—25 mm ausgeführt werden, wenn ein ruhiger Gang gesichert werden soll, da zu einem grösseren Hub nicht die nöthige Zeit vorhanden ist.

Andererseits kann man bei Bessemergebläsen eine Windgeschwindigkeit von 20—25 m in den Saugöffnungen und von 30—35 m in den Drucköffnungen nicht überschreiten, ohne die Widerstände wesentlich zu vergrössern und auch sonst noch den Betrieb unvortheilhaft zu beeinflussen.

Soll mithin der Ventilhub das oben erwähnte geringe Maass nicht überschreiten, so müssen die erforderlichen Durchgangsquerschnitte dadurch hergestellt werden, dass man die Ventile mit entsprechend grossen Umfängen ausstattet und in entsprechend grosser Anzahl ausführt.

Dadurch kommt man bei Bessemergebläsen von selbst zur Anordnung einer sehr grossen Anzahl von Ventilen und zu dem wenig angenehmen Resultat, dass die Cylinderdeckel selbst nur für die Unterbringung der Saugventile ausreichen, und dass man die Druckventile auf dem Cylinder oder rings um denselben in wenig vortheilhafter Weise anbringen muss, wie z. B. bei den ursprünglich Bessemer'schen und Leyser & Stiehler'schen Gebläsen.

Diese Unterbringung der Druckventile auf der Cylinderwand oder rings um das Ende derselben führt nothwendig zur bedeutenden Vergrösserung des schädlichen Raumes und zur erheblichen Verminderung des Windeffekts, da das Ansaugen, d. h. die Oeffnung der Saugventile, nicht früher erfolgen kann, bis der im schädlichen Raum zurückgebliebene Wind auf die atmosphärische Spannung durch Expansion zurückgegangen ist.

§ 493. Will man nun Ventile mit dem theoretisch erforderlichen Ventilhub ausführen, also derart, dass jederseits des Kolbens nur ein Saug- und ein Druckventil funktionirt, das sich auf den vollen Hub, d. h. $^1/_4$ des Durchmessers, erhebt und dadurch den erforderlichen Durchgangsquerschnitt gewährt, so müssen diese Ventile gesteuert werden.

Diese Steuerung braucht sich aber wesentlich nur auf die rechtzeitige Schliessung auszudehnen, da die exakte Oeffnung durch die bei vorgedachter Lage der Ventile mögliche Beschränkung des schädlichen Raumes nahezu im richtigen Augenblick eintreten dürfte.

Diese Beschränkung entsteht dadurch, dass man unter allen Umständen Saug- und Druckventil im Cylinderdeckel anzubringen im Stande ist, also alle Kanäle, Hälse etc. vermeiden kann; der schädliche Raum wird dadurch auf $^1/_2$—$1/_{00}$ verringert.

Die Oeffnung der so gelegten Ventile wird selbstthätig rechtzeitig erfolgen, aber ihr grosser freier Hub verbietet das ebenso selbstthätige, stossfreie und rechtzeitige Schliessen.

Deshalb muss die Steuerung nicht die Oeffnung, sondern nur die Schliessung der Ventile zu bewirken suchen und so construirt sein, dass sie gegen Ende des Maschinenhubes den freien Ventilhub allmälig verkleinert und die Ventile im Augenblick des Hubwechsels schliesst.

Sonst sind die Ventile durchaus selbstthätig, können auch vollständig entlastet und selbst die letzten Millimeter Ventilhub können beim Schliessen selbstthätig zurückgelegt werden.

Die Vortheile dieser Construktion ergeben sich nach dem Vorgetragenen von selbst und lassen sich in nachstehenden Sätzen noch besonders zusammenfassen.

Statt der sehr zahlreichen kleinen Ventile der früheren Construktion ist jederseits des Kolbens nur ein Saug- und ein Druckventil nothwendig. Dadurch sind die Dichtungsflächen auf das überhaupt erreichbare Minimum gebracht und verhalten sich in ihrer Grösse zu der früher nothwendigen Dichtungsflächensumme wie die Grösse des früheren kleinen Hubes der Ventile zu dem Ventilhub der gesteuerten Organe.

Das Verhältniss liegt zwischen 1 : 6 und 1 : 10. Ausser dem in die Augen springenden Vortheil einer solchen Ersparniss an Stoff und Arbeit ergibt sich aus dem Fehlen jeder Stosswirkung die Wahrscheinlichkeit einer bis jetzt nicht gekannten Dauer der Dichtung, die sich denn auch bei dem Hefter Gebläse (s. Figuren 91a, 91b und 92 des folgenden Textes) bereits auf 4 Jahre ausgedehnt hat.

Die bei den gesteuerten Ventilen mögliche Reduktion des schädlichen Raumes ergibt als weiteren Vortheil einen erhöhten Wirkungsgrad für das Gebläse selbst, denn der stets rechtzeitig erfolgende Schluss der Druckventile gibt vollste Sicherheit dagegen, dass jemals im Hubwechsel vor der Eröffnung der Saugventile Wind aus dem Druckraum in den Windcylinder zurückströmen könne.

Beispiele nebst Details der mit diesem System der Ventilsteuerung ausgestatteten Gebläse werden weiter unten nach Schluss der allgemeinen Besprechung der Bessemergebläse überhaupt gegeben werden.

§ 494. Bau der stehenden Gebläse. Die meisten stehenden Gebläse für Converterbetrieb sind direkt wirkend und ohne Balancier, durchweg Zwillingsmaschinen mit und ohne variable Expansion und vielfach ohne Condensation.

Die Frage, ob zwei eincylindrige oder eine Zwillingsmaschine für den Converterbetrieb den Vorzug verdiene, wurde schon vor einem Decennium zum Gegenstand gründlicher Studien gemacht, und besonders in Amerika hat man sich mehr als anderswo mit dieser Frage beschäftigt, da auf vielen Werken dieses Landes bereits 1876 Bessemergebläse getrennter Aufstellung in Betrieb sich befanden.

Zwei nicht verbundene Maschinen, von denen jede einzelne stark genug ist, eine Charge vollkommen mit Wind zu versehen, stehen bezüglich der Gleichförmigkeit des Windstromes auf einer Höhe mit der gekuppelten Maschine, haben aber nach Musil (a. a. O., S. 193 u. ff.) den Vortheil nicht gestörten Weiterbetriebes, im Fall eine Reparaturbedürftigkeit oder eine Beschädigung eintritt. Das heisst mit anderen Worten, dass die Reparaturen an den stehenden Zwillingsgebläsen umständlich und zeitraubend sind, eine Ansicht, die im ganzen Bau solcher stehenden Maschinen überhaupt begründet ist (s. § 486, den Vergleich zwischen stehenden und liegenden Maschinen).

Der Betrieb stellt sich bei der Benutzung von zwei Einzelmaschinen auch wohlfeiler, da während des Anwärmens der Converter nur eine Maschine im Gang zu sein braucht, die mit geringer Tourenzahl arbeitet, was sicher rationeller ist als die Verwendung einer Zwillingsmaschine zu diesem Nebenzweck. Dagegen sind Einzelmaschinen unbedingt in der Anlage theurer und dann sind sie nicht so bequem und direkt wie die gekuppelten aus jeder Stellung in Gang zu bringen.

In der allgemeinen Anordnung gibt es sehr viele Constructionstypen stehender Gebläse, so dass der Gegensatz derselben zu den liegenden Gebläsen auch hierbei stark hervortritt.

Es sind besonders zwei Aufstellungsarten als häufiger hervortretend bemerkbar, welche auch Musil hervorhebt:

1. Anordnung der Kurbelwelle zwischen den beiden Cylindern, dem Dampf- und dem Gebläsecylinder;
2. Anordnen der beiden Cylinder nebeneinander und der Kurbelwelle auf die andere Seite des Dampfcylinders.

Die erste Anordnung, welche hauptsächlich zur Erzielung eines gedrungenen und übersichtlichen Baues gewählt wird, kränkelt an der einseitigen Kraftübertragung vom Kreuzkopf zur Kurbel, während die zweite Anordnung einen hohen, schwer übersehbaren Aufbau gibt.

Der letztere Vorwurf trifft leider alle stehenden Bessemergebläse und wird denselben stets gemacht werden, da andererseits die Gedrängtheit des Baues zu Complicationen führt und die bei stehenden Maschinen stets zeitraubenden Auswechselungs- und Ersatzarbeiten einzelner Theile durch jedes weitere Zusammendrängen und Ineinanderschachteln nur vermehrt und erschwert werden müssen.

§ 495. Bei der erstangeführten Anordnung, welcher unter Anderem viele Bauausführungen der märkischen Maschinenbauanstalt zu Wetter, der Gesellschaft Cockerill zu Seraing, bei Krupp u. a. m. angehören, ruht der Gebläsecylinder auf zwei kräftigen, oben und unten vereinten Hohlgussständern, welche die Führung der Kolbenstange sowie das für sich selbst einen Theil der Maschine bildende Kurbellager aufnehmen.

Der Dampfcylinder ist genau in der Axe des Blasecylinders in den Fundamentrahmen eingehängt und es schliesst der Deckel desselben mit dem Fundamentniveau ab.

BIBLIOTHECA REGIA

Die Schwungradwelle liegt etwa um Kurbellänge über dem Dampfcylinder und ist in den beiden Ständern der ganzen Maschine gelagert, welche einander zugekehrt und die mittelsten der ganzen Aufstellung sind.

Die beiden Kolbenstangen jeder Maschine sind durch eine kräftige Traverse gekuppelt, die in den Ständern vertical geführt wird, und an die sich auf der dem Schwungrad zugekehrten Seite ausserhalb der Führungen die Treibstange der Kurbel anhängt.

Die excentrische Kraftübertragung vom Kreuzkopf zur Kurbel ist eine Schattenseite dieser Aufstellung, welche nur durch äusserst kräftigen Bau der Führungen sowie des Kreuzkopfes selbst und seiner Verbindung mit den Kolbenstangen auszugleichen ist.

Bei den Ausführungen der Fabrik in Wetter sind aus gleichem Grunde die Führungen so nahe als möglich an das Maschinenmittel herangerückt und noch eine zweite Führung der Kolbenstange des Dampfcylinders angeordnet.

Die grössere Zugänglichkeit des Gebläsecylinders bei diesem System wird durch die Uebelstände des unterirdischen Einbaues des Dampfcylinders aufgewogen, die eine erhebliche Kostenvermehrung durch die erforderliche Erweiterung des Raumes verursachen, in welchem der Dampfcylinder steht.

Zu bemerken ist noch, dass bei einem Theil der hierher gehörigen Gebläse durch Benutzung einer sehr starken Dampfkolbenstange eine Verschiedenheit der beiden Kolbenflächen hervorgebracht wird, die eine Ausgleichung des Gewichts der auf- und abgehenden Massen bewirkt.

§ 496. Bei der zweitgenannten Anordnung, zu der unter Anderem das ältere Gebläse zu Oberhausen und das Bochumer Gebläse gehören, sind centrische oder symmetrische Kraftübertragungen der Kolbenstangenbewegung auf die Schwungradwelle grundlegend — werden aber in verschiedener Weise durchgeführt.

Während sich das Bochumer Gebläse ähnlich aufbaut wie das Gjers'sche Gebläse Taf. XVIII des I. Bandes, mit dem Unterschied, dass die bei dem letzteren vorhandenen Ständer sich in eine konische, entsprechend durchbrochene Hohlsäule verwandelt haben, ist das Gebläse in Oberhausen insofern ähnlich dem Mühlheimer und anderen Verticalgebläsen aufgestellt, als der Blasecylinder oben, der Dampfcylinder in hinlänglicher Entfernung darunter, doch nicht an der Hüttensohle, sich befinden. Um einen vollkommen centrischen Antrieb der Schwungradaxe zu haben, ist der Dampfcylinder so hoch in den Ständern aufgehängt, dass ein von der zwischen beiden Cylindern befindlichen Kolbenstangentraverse ausgehendes, aus zwei Stangen und einer zweiten Traverse unter dem Dampfcylinder bestehendes, genau geführtes Zwischenglied die Kolbenstangenbewegung auf die ziemlich kurze Schubstange überträgt.

Musil macht dieser Anordnung den Vorwurf, dass sie die centrische Kraftübertragung durch die Anwendung eines gekünstelten Mechanismus erkaufe.

Andererseits besitzt sie vor dem Bochumer Gebläse den Vorzug grösserer Zugänglichkeit und etwas geringerer Höhe. Dieses, noch mehr die Maschinen von Cockerill in Seraing sowie die von Adamson und Galloway bauen sich bis zu Höhen auf, die zwischen 11 und 13 m schwanken und, um von der Sohle aus gesteuert zu werden, grosse Complicationen hervorrufen.

Zu bemerken ist noch, dass die Cockerill'sche Maschine eine blosse Nachahmung des, Band I, Taf. XVI bereits abgebildeten, sehr bekannten und verbreiteten dortigen Hochofengebläses ist, aber in der Weise angeordnet erscheint, dass der Hoch- und der Niederdruckkolben jeder für sich einen Gebläsekolben bewegen und mit der zwischen beiden Maschinen liegenden, gemeinschaftlichen Schwungradwelle in geeigneter Weise verkuppelt sind.

Die Reihenfolge der Einzeltheile ist dieselbe wie bei einer liegenden Maschine, wenn sie auf den Kopf gestellt wird; es folgen sich, von unten an gerechnet, Kurbelwelle, Dampfcylinder, Gebläsecylinder, und erreicht man dadurch die Höhe von 13 m.

Ob dieser hohe Aufbau sowie der vieltheilige Steuerapparat dieser Maschine (6 Excenter und 12 getrennte Dampfschieber) sich überhaupt für den Converterbetrieb empfehlen lassen, erscheint fraglich, da eine einfache und möglichst übersichtliche Construktion wohl grössere Vortheile bietet als sehr gleichförmiger Gang und ökonomische Dampfverwendung, welche überdies durch eine gut dimensionirte gewöhnliche Condensationsmaschine ebenfalls erreicht wird.

§ 497. Zu der hier besprochenen allgemeinen Anordnung verticaler Bessemergebläse ist noch hinzuzufügen, dass auch Balanciergebläse, wenn auch selten, vorkommen, welche in ähnlicher Weise wie das Band I, Taf. XX abgebildete Hochofengebläse von Crownpoint Iron works zusammengestellt sind.

Die einzige durch Abbildung und Beschreibung bekannt gewordene ist die von Heusser in Bességes für das dortige Bessemerwerk entworfene, 1878 in Paris in einem schönen Modell ($^1/_5$ n. Gr.) ausgestellt gewesene Gebläsemaschine, über welche bereits während ihrer Aufstellung Pernolet (Air comprimé, S. 187 u. ff.) Nachstehendes berichtet, welches mit den Angaben von Schlink, Gebläsemaschinen (1880, Separatausgabe S. 68) im Wesentlichen übereinstimmt.

Die Maschine besteht aus zwei Balanciermaschinen, welche durch eine gemeinschaftliche Schwungradwelle verbunden sind, auf der ihre Kurbeln unter einem Winkel von 90⁰ aufgesteckt sich befinden. Dadurch wird es möglich, das Gebläse jeden Augenblick in Gang zu setzen, ohne dass ein Zögern im Anlauf stattfindet, wenn nur Sorge dafür getragen wird, dass beim vorhergehenden Anhalten die Expansion vor der Zurücklegung des halben Laufes der kleineren Kolben statt hat.

Als Grund für die Annahme des Balanciersystems gibt Pernolet an, dass dasselbe sich besser als irgend ein anderes zur Anwendung und Ausnutzung des Woolf'schen Princips eigne, obwohl die Anlagekosten selbst bedeutendere seien.

Die Anordnung ist nicht ganz wie bei dem vorhin citirten amerikanischen Gebläse Taf. XX des I. Bandes; während bei letzterem die Treibstange der Schwungradwelle auf der Dampfseite des ganzen Balanciermechanismus und innerhalb der Aufstellung des Dampfcylinders arbeitet, ist bei dem Gebläse von Bességes die Treibstange auf der Windseite und noch innerhalb des Parallelogramms der Gebläsekolbenstange angeordnet, so dass etwa 1,496 m axiale Entfernung zwischen Treibstange und Kolbenstange bei wagerechter Balancierlage herauskommen, während die Balancierlänge zwischen den Endzapfenmitteln 9,2 m beträgt.

Zur besseren Uebersicht der ganzen Maschine durch den Maschinisten ist das Balancierlager nicht auf einer Wand, sondern auf zwei Säulen befestigt, welche ein geschlossenes Rahmenwerk von Eisenconstruktionen tragen, das ausserdem auf einem Mauervorsprung der Wände des Maschinenhauses aufruht. Zwischen den Säulenköpfen und den betreffenden Theilen des Rahmenwerkes, welche die vier Balancierlager tragen, ist ein dicker Holzblock eingeschaltet, der eine in gewissem Grad nachgiebige und doch feste Verbindung bildet und die Nachtheile der isolirten Fundirung der Hauptlagerpunkte ausgleichen wird.

§ 498. Bezüglich der Dampfsteuerungen der stehenden Bessemergebläse ist anzuführen, dass dieselben durchweg Schiebersteuerungen verschiedener Construktionen sind. Man findet gewöhnliche und Meyer'sche Doppelschiebersteuerungen für variable Expansion, getrennte Schieber für jeden Zulasskanal, Rundschieber etc., deren Bewegung in beliebiger Weise erfolgt.

Im Allgemeinen ist zu bemerken, dass nicht alle stehenden Gebläse variable Expansion haben, namentlich nicht solche mit hydraulischen, von der Hand steuerbaren Stellvorrichtungen.

§ 499. Der Windcylinder und die Windsteuerung der stehenden Gebläse bieten zum Theil ähnliche, zum Theil andere Anordnungen und Ausrüstungen wie die gleichen Theile der liegenden Gebläse.

Zunächst ist bei den meisten Ausführungen eine Wasserkühlung vorhanden, um der Erhitzung zu begegnen.

Die Windsteuerung findet mittelst Klappen und Rundschieber sowie mittelst automatisch bewegter Saugschieber, mit Druckventilen combinirt, statt. Von diesen letzteren gilt das früher bereits Gesagte, dass dieselben eine unzureichende Hülfe bieten, da gerade der Schluss der Druckventile ein rechtzeitiger und fester zu sein habe.

Die selbstthätig wirkenden Steuerungen haben bei der Ausführung stehender Bessemergebläse in Deutschland fast stets das Feld behauptet und bestehen theils in Klappen oder Rundscheiben verschiedenen Materials in der Form, wie sie bei gewöhnlichen Wasser- und Luftpumpen angewendet werden, theils in Metallventilen.

Vom Kautschuk sieht man auch hier längst ab und benutzt von weichem Material allenfalls noch Filz, meist aber Metall, trotz des Lärms.

Die meisten Ventile sind axial geführte Rundventile und liegen für jede Cylinderseite in ringförmigen, den Blasecylinder concentrisch umgebenden Kästen, so dass die Saugventile im Boden, die Druckventile über diesen in einer horizontalen Scheidewand liegen, welche die Ventilkästen in einen Saug- und in einen Druckraum theilt. Seitliche oder obenauf befindliche Deckel gestatten den Zugang zu den Ventilen.

Die gewöhnlichen, 150 mm Durchmesser besitzenden Tellerventile sind aus Rothguss und werden durch eiserne Spindeln centrisch geführt, während die Ventilsitze aus Weissmetall hergestellt sind. Beim Aufgehen und sich Schliessen verursachen diese Ventile, indem sie zuerst eine Zeit lang auf den Sitzen spielen, ein nicht angenehmes, klapperndes Geräusch, doch sollen sie befriedigend funktioniren.

Die Windsteuerung der sogenannten Gallowaygebläse besteht für das Saugen wie für das Drücken aus einfachen, kreisrunden Metallscheiben, die sich an einer Centralspindel senkrecht führen, auf Gittersitzen ruhen und in ihrem Hub durch Fangteller begrenzt sind.

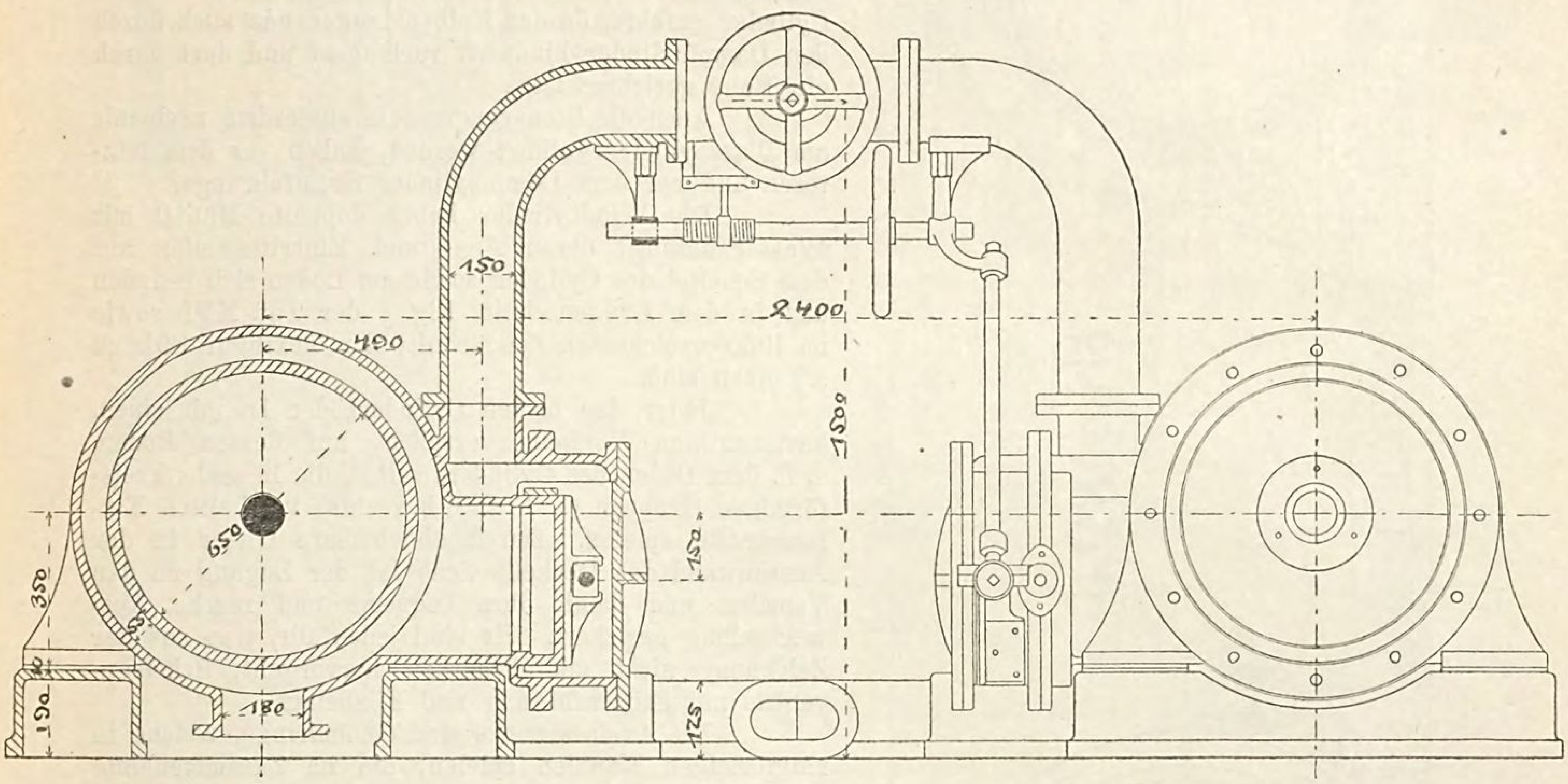
Je ein Saug- und ein Druckventil liegen in einer Verticalen übereinander und können sammt Sitzen und Fangtellern von unten her eingebracht werden, während die Befestigung durch die nach oben durchgehende gemeinschaftliche Spindel erfolgt.

Daher genügt das Lösen oder Befestigen einer einzigen Mutter, um beide Ventile in oder ausser Verbindung mit dem Blasecylinder zu bringen.

In manchen Ausführungen des Gallowaygebläses sind die Metallscheiben der Ventile mit Filz armirt, was alsdann natürlicher Weise einen sehr ruhigen Gang hervorbringt.

Bei einer amerikanischen, von A. Musil a. a. O., S. 200 erwähnten und beschriebenen Ventilconstruktion bestehen die Ventile aus runden, mit Metallscheiben armirten Kautschukplatten und sind im Boden und Deckel der Cylinder angeordnet. Boden und Deckel sind mit cylindrischen Ventilkästen bedeckt, die in zwei Hälften durch eine diametrale Innenwand geschieden werden, so dass die Sauger auf der einen, die Druckventile auf der anderen Seite liegen. Die Saugseite jedes Ventilkastens ist durch mehrere kreisrunde Oeffnungen in der Wand ohne Weiteres von aussen zugänglich, während die Druckseite ähnliche, aber mit Mannlochdeckeln verschlossene Oeffnungen hat.

Fig 89a



Die Ventile werden durch lange Spindeln und Hülsen genau vertical geführt und die obersten Saugventile sowohl als die untersten Druckventile werden durch Federn an ihre Sitze angedrückt.

A. Musil beschrieb noch bei der Besprechung der stehenden Maschinen die Schiebergebläse von Adamson & Co. und Tannet, Walker & Co.; aus früheren Gründen muss darauf verwiesen werden.

§ 500. Beispiele für die Ausführung von Bessemergebläsen. Um die Begriffe etwas zu fixiren, sollen im Folgenden einige Constructionen dargestellt und besprochen werden, zunächst ein älteres Gebläse liegenden Systems, dann ein von Wasserkraft bewegtes stehendes Gebläse und schliesslich eine Reihe neuerer Gebläse mit gesteuerten Ventilen.

Wegen weiteren Beispielen derartiger älterer Construktionen ist auf die citirten Werke und Aufsätze von Musil, Schlink u. A. zu verweisen, welche in grosser Vollständigkeit verschiedene ältere Ausführungen bringen.

§ 501. Als Beispiel des üblichen Aufbaues der liegenden Bessemergebläse älteren Styls und grosser Verbreitung ist auf Taf. XVI Längsschnitt und Grundriss, in den Textfiguren 89a und 89b ein nach Leyser & Stiehler'schem Patent modificirtes Gebläse der ursprünglichen Anordnung von Bessemer wiedergegeben, das in einem mitteldeutschen Stahlwerk lange Zeit zur Befriedigung fungirt hat.

Der früher allgemein charakterisirte Fundamentrahmen oder das Maschinenbett ist mehrtheilig gegossen, aber durch elliptische Knaggen und darum warm aufgezogene Bänder zu einem Ganzen vereinigt.

Jede der beiden zur Zwillingsmaschine vereinigten Einzelmaschinen hat ein der Länge nach zwischen dem Schwungradlager und dem Blasecylinder getheiltes Bettstück und beide Betthälften sind wieder durch Querbalken zwischen den Cylindern sowie ausserhalb des Schwungradkranzes vereinigt und in der gedachten Weise zusammengezogen. Fig. 89a und 89b zeigen die durch elliptische Eisenringe zusammengezogenen Knaggen und die Trennungsfugen der Querbalken, während auf Taf. XVI die Längstheilungen ersichtlich sind.

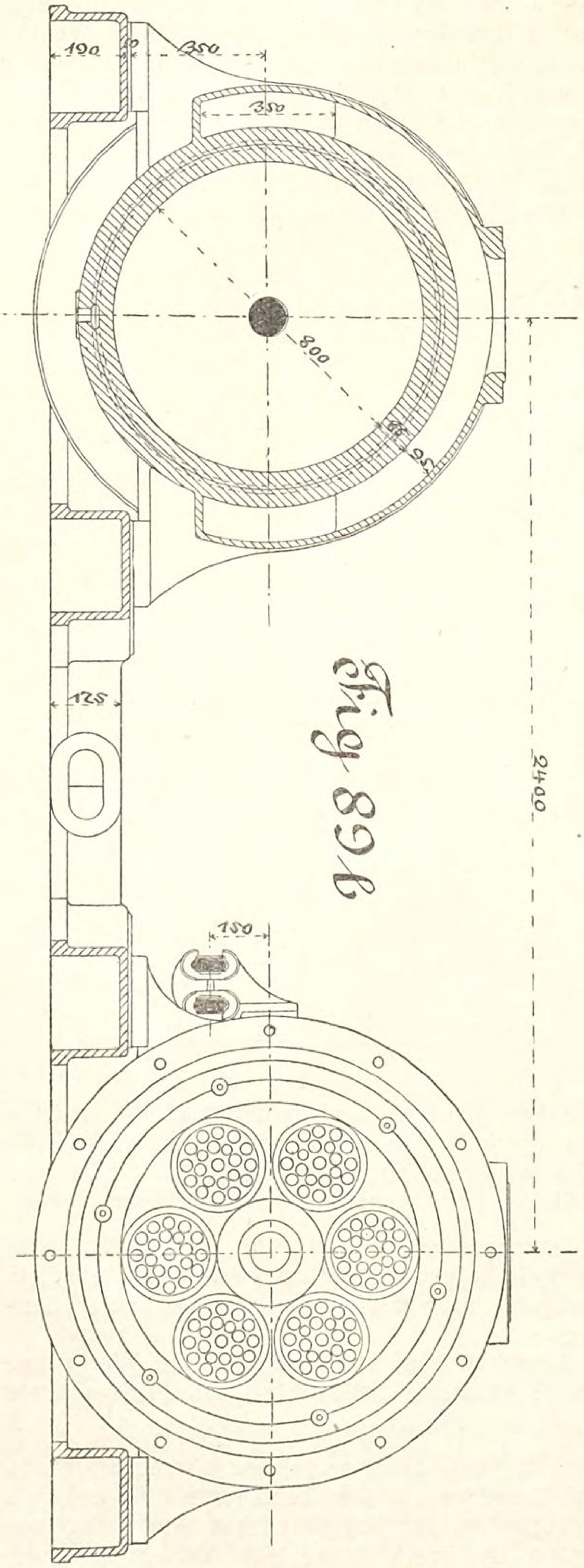


Fig. 89b

Auf dem Maschinenbett liegen die beiden Cylinder mit je zwei verrippten Seitenlappen und durch Schrauben fest angezogen hintereinander, zwischen sich eine breite Stuhlführung in Linealen einschliessend, während eine ebensolche zwischen Blasecylinder und Schwungrad sich angeordnet findet.

Die gekuppelten Kolbenstangen werden ausserdem noch durch die vier Stopfbüchsen der beiden Cylinder geführt, da das Kolbenstangenende auch durch den Dampfcylinder hindurch verlängert und dort durch ein Rohr gesichert ist.

Auch die Steuerungen, die ausserdem nochmals am Blasecylinder geführt werden, haben vor dem letzteren und vor dem Dampfcylinder Stuhlführungen.

Die Windcylinder haben doppelte Mäntel mit Wasserkühlung, deren Aus- und Eintrittsstellen auf dem Scheitel der Cylinder sowie am Boden sich befinden und in dem Längenschnitt Fig. 1 der Taf. XVI sowie im linksgezeichneten Querschnitt der Textfigur 89b zu erkennen sind.

Jeder der beiden Cylinderböden ist mit einem kastenartigen Vorraum versehen, auf dessen Boden, d. h. dem Boden des Cylinders selbst, die in sechs kreisförmigen Gruppen (s. Fig. 89b rechts) vertheilten Einlassventile spielen. Durch abnehmbare Gitter in der Aussenwand des Deckelkastens ist der Zugang zu den Ventilen und damit ihre bequeme und rasche Auswechselung gesichert. Es sind jedenfalls, was aus der Zeichnung nicht mit Sicherheit hervorgeht, Scheibenventile mit Stiftenführung und Filzbelag.

Die Auslassventile sind Gummiringe, welche in ringförmigen Kanälen spielen, die im Zusammenhang mit dem äusseren Cylindermantel gegossen sind und mittelst Längskanälen jederseits mit einem doppelt so weiten mittleren Ringkanal im Zusammenhang stehen, auf dem das nach oben führende Druckrohr des Gebläses sitzt.

Der Körper des Deckels und der des äusseren Cylinders bilden da, wo sie zusammenstossen sollten, einen Schlitz an jedem Cylinderende und in der Innenwand des betreffenden Ringkanals.

§ 502. Als Beispiel eines stehenden Gebläses älterer Bauart ist in der Textfigur 90 ein von Wittenström (Jernkontorets Annaler 1879, III. Heft, Taf. 11) publicirtes, durch Turbinen getriebenes, darum im Aufbau gedrungenes und übersichtlicheres Gebläse wiedergegeben. Die Kurbelwelle, welche von der Turbine aus durch eine kräftige Winkelübersetzung bewegt wird, liegt in einer Vertiefung des Fundaments und unter der Hüttensohle in drei von kastenartigen Fortsetzungen der Ständerstellung getragenen kräftigen Lagern. Die gekröpfte Welle treibt zwei Triebstangen, deren anderes Ende mit den Kolbenstangen in gewöhnlicher Weise verkuppelt und in dieser kräftigen Verkuppelung durch kastenartige Coulissen geführt wird.

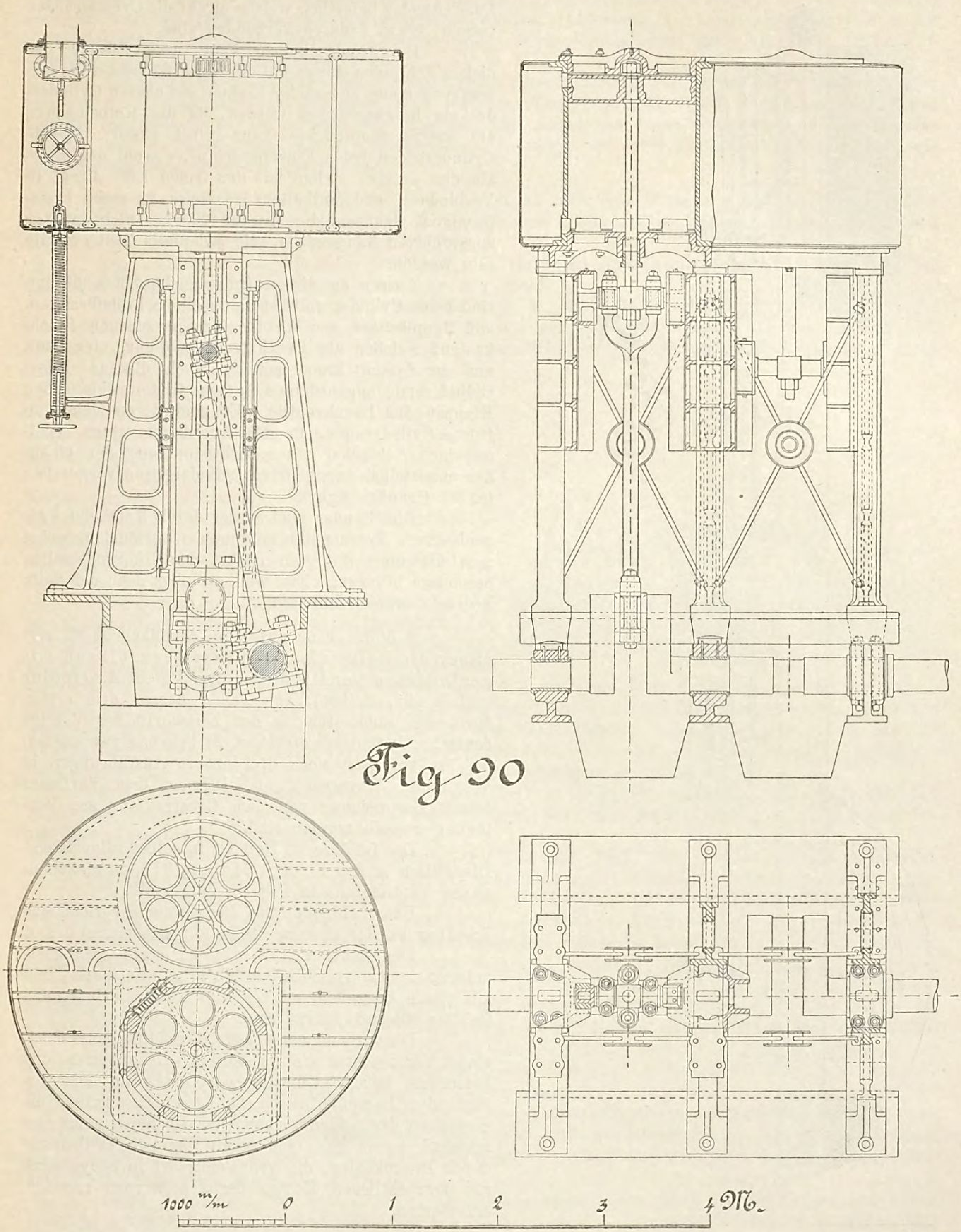
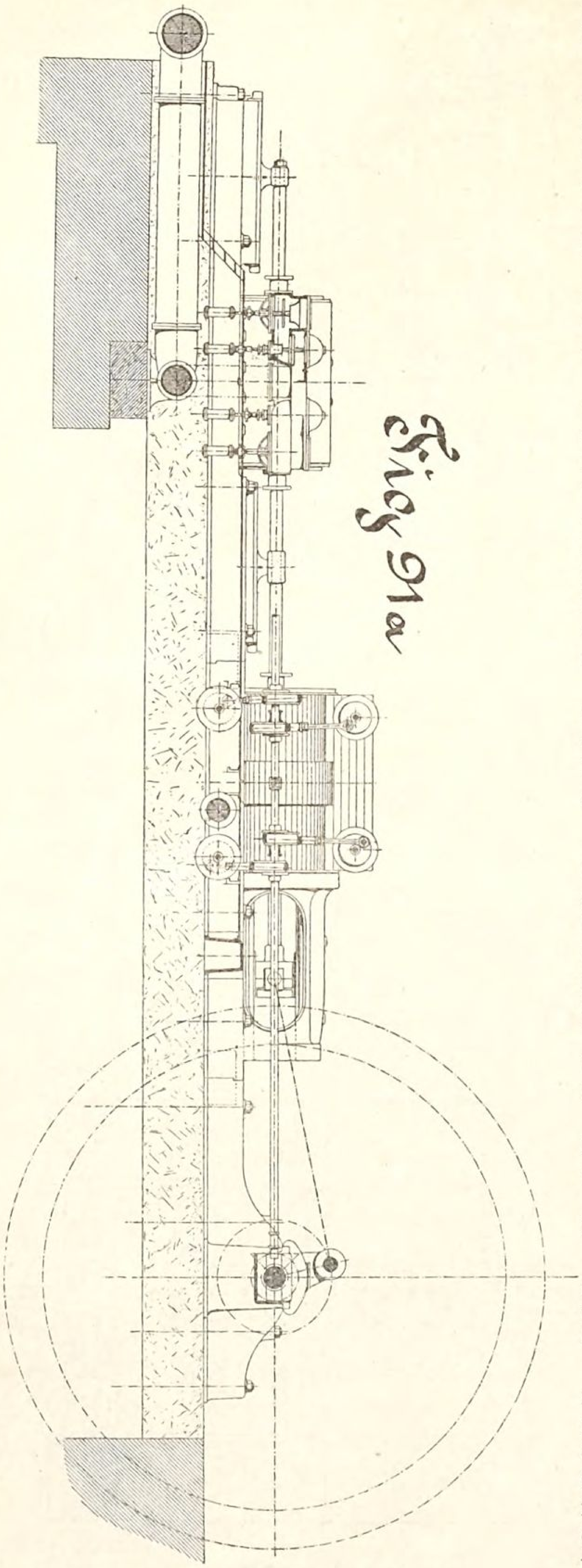


Fig 90



Die letzteren sind an den Innenseiten der drei Paar Ständer befestigt, welche direkt die Cylinderböden tragen, bezw. dadurch verbunden sind.

Der Gebläsekolben kann nach Lösung der dicken Schraubenmutter auf der Unterfläche der Kreuzkopfverbindung und nach Abnahme des oberen Cylinderdeckels herausgezogen werden, da die Kolbenstange die untere Stopfbüchse ganz glatt passirt. Beide Cylinderböden jeder Einzelmaschine, sowohl der obere als der untere, stehen mit der freien Luft direkt in Verbindung und enthalten jederseits in sechs kreisförmigen Gruppen die in der Skizze nicht weiter ausgeführten Saugventile, die jedenfalls Tellerventile sein werden.

Ausser an diesen freiliegenden Bodenflächen sind beide Cylinder vollständig in einem kreisförmigen, mit Mannlöchern und Abzugsrohre versehenen Blechkasten, welcher als Druckreservoir dient, eingebaut, und in dessen Raum münden auch die an jedem Cylinderende angeordneten, gegen Gitter schlagenden Klappen der Druckventile. Es sind deren sieben an jedem Cylinderende, in der Anordnung eines regelmässigen Achtecks, unter Nichtbenutzung der einander unmittelbar zugekehrten Cylinderseiten vorgesehen (s. die Grundrissfigur).

Die Ständer sind ausser durch Kopf und Fuss noch durch Kreuz unten miteinander verbunden, wobei man die inneren Seiten nächst den Führungsstellen besonders bevorzugt hat, weil sie eher nach der Seite gedrückt werden könnten.

§ 503. Eine grössere Ausführlichkeit verdienen die Beispiele von Bessemergebläsen mit gesteuerten Ventilen nach dem Patent A. Riedler (vgl. § 492, S. 486), von denen ausser dem ersten durch die Publication in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure (1884, S. 2) bekannt gewordenen Gebläse von Heft noch drei neuere Ausführungen in Westfalen, Steyermark und Böhmen dem Verfasser behufs Besprechung von dem Construkteur zur Verfügung gestellt worden sind.*)

Das Gebläse zu Heft ist in seiner allgemeinen Disposition in den Figuren 91a und 91b, in einzelnen seiner Ventildetails in Fig. 92 dargestellt.

Ueber die Lage und Bedingungen spricht sich Riedler an der citirten Stelle folgendermaassen aus.

Das Stahlwerk Heft, eine der besten Bessemeranlagen der österreichischen Alpen, arbeitete seit 1865 mit einem liegenden, mit 70—90 Touren arbeitenden Gebläse ältester Einrichtung.

Die vorhandenen Ventile, ausschliesslich Gummiringe, verursachten stets bedeutende Reparaturen, und ausserdem laborirte die ganze Anlage an sehr bedeutendem Dampfverbrauch, für dessen Beschaffung die Gichtgase der beiden vorhandenen Hochöfen nicht ausreichend waren und eine unmittelbare Kesselheizung durch Braunkohlen, die von Fohnsdorf in Steyermark mit beträchtlichen Kosten bezogen werden mussten, erforderten.

*) Ich erlaube mir an dieser Stelle, meinem Collegen, Herrn Professor Riedler, nochmals den lebhaftesten Dank für seine werthvolle Unterstützung auszusprechen. Der Verfasser.

Die allgemeinen Bedingungen für die Ausführung der neuen Maschinenanlage waren neben grösster Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit möglichste Dampfersparniss, Anpassen an die einmal gegebenen, äusserst beschränkten Räumlichkeiten und endlich Aufstellung der neuen sowie Umstellung der alten Maschinen ohne wesentliche Betriebsstörungen. Diese Bedingungen sind, allerdings unter Aufwendung vieler Arbeit, eingehalten worden.

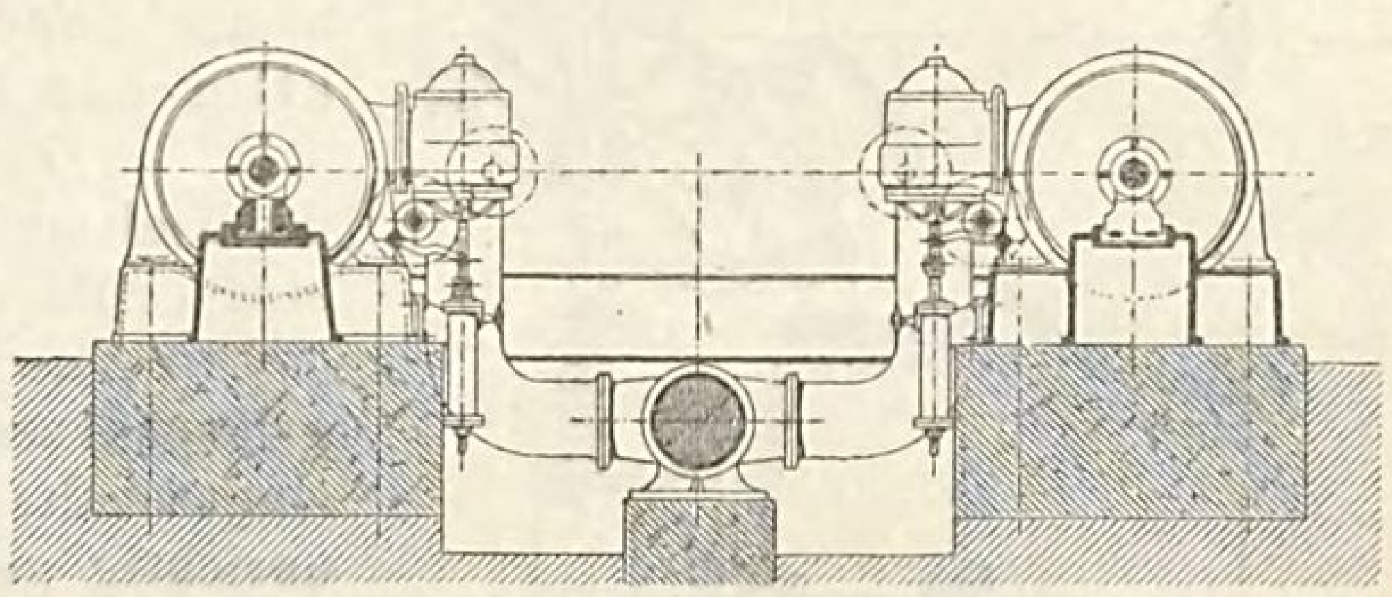
Als besondere Bedingung trat zunächst hinzu eine Lieferung von normal 150 cbm angesaugter und auf 2—$2^1/_2$ Atmosphären gepresster Luft bei einer Dampfspannung von 6 Atmosphären (auch bei höchster Luftpressung). Dann solle die Maschine mit geringstem Dampfverbrauch und Condensation arbeiten und im Stande sein, bei $1^1/_2$ Atmosphären Pressung auch ohne Condensation, doch mit Hoch- und Niederdruckwirkung zu arbeiten etc.

§ 504. Bei der Bearbeitung des Projektes ergab sich eine liegende Aufstellung des Gebläses als geboten durch die Höhe der disponiblen Mittel, die nothwendige Uebersicht und Zugänglichkeit aller Theile sowie durch mehrere örtliche Rücksichten.

Die vielfach hervorgehobenen Nachtheile der liegenden Anordnung (vgl. § 486) erschienen bei den nicht sehr grossen Abmessungen nicht schwer wiegend.

Riedler vertritt mit Entschiedenheit die Ansicht, dass die Durchbiegung der Kolbenstangen bei zweckentsprechender Ausführung überhaupt nicht so gross und von vornherein bekannt und berechenbar sei, und dass die beobachteten Zerstörungen von Windcylindern in anderen Verhältnissen ihren Grund fänden, z. B. in ungenauer Aufstellung der Cylinder, Vernachlässigung der Führungen und längere Zeit unbemerkt gebliebener Senkung der Kolbenstange sowie fortgesetztem Schleifen der rohen Kolbenkörper auf den Cylinderinnenflächen.

Fig 91b



Bei genauer Aufstellung von Cylindern und Kolbenstangen, Anordnung breiter und stellbarer Führungen der letzteren kann eine ungewöhnliche Abnutzung der Cylinder nicht eintreten, namentlich wenn dem Kolbenkörper im Cylinder ausreichender Spielraum gegeben wird.

Die Führungen sind mit Schraubenkeilen und Klemmschrauben verstellbar. Die Gebläsekolben sind mit Mather Plattringen und Spiralfedern unter Anwendung verschiedener Vorsichtsmaassregeln gegen das Herausfallen der Befestigungsschrauben vom Kolbendeckel versehen. Durch die Verwendung der Metalldichtung für die Kolben ist die Oelschmierung als Ersatz der wenig erfolgreichen und stets zerstörend wirkenden Graphitschmierung möglich. Doch ist eine Mantelkühlung dabei von Vortheil, um das eingeführte Schmiermaterial bei jeder Windtemperatur unverändert und wirksam zu den Wänden des Cylinders gelangen zu lassen, auf die es durch eigene Oelpumpen gespritzt wird.

Der Cylinderdurchmesser wurde schliesslich mit 1050 mm ausgeführt bei einem Hub von 1500 mm, obschon er anfänglich auf 1070 mm berechnet war; eine nachträglich noch aufgegebene Bedingung zwang zu dieser Aenderung.

„Die schwierigste Entscheidung lag in der Wahl der zweckentsprechendsten „Gebläseventile. Zuerst mussten die Erfahrungen mit den bisherigen Ausführungen „nach jeder Hinsicht gewürdigt und erwogen werden, um dann die Anpassung einer „der bereits bewährten Ausführungen an die gegebenen Verhältnisse zu versuchen.“

Mit diesen Worten leitet Riedler seine längere und gründliche Kritik der seitherigen Ventile für Bessemergebläse ein (a. a. O., S. 4), welche bereits in ihren Grundzügen § 492, S. 486 charakterisirt sind.

Auf jeder Cylinderseite (vgl. Fig. 91a und 91b) sind je ein Saug- und ein Druckventil angebracht, welche als gewöhnliche Plattenventile mit armirten Sitzflächen construirt und mit etwas grösserem als dem normalen Hub (100 mm bei den Saug-, 80 mm bei den Druckventilen) ausgestattet sind.

Die Gesammtanordnung der Ventile bei dem Gebläse in Heft ist so getroffen, dass auf der Innenseite beider Gebläsecylinder vier zusammenhängende Ventilkasten angeordnet sind, von denen die zwei inneren die Druckventile, die beiden äusseren die Saugventile einschliessen.

An jedem Ende des Cylinders führt ein in den Böden angegossener Kanal nach dem Theil des Ventilkastens, in welchem das Saugventil sitzt, und von da nach der Unterseite des Druckventils, welches in einem Oberraum des Kastens spielt, von dem zwischen beiden Druckventilen eine Verbindung mit der Druckleitung nach unten hin führt.

Diese Anordnung hat eine gewisse Einfachheit, besitzt aber nach Riedler's eigener Kritik trotzdem mehrere Mängel, welche unter anderen Umständen als den für die Hefter Anlage maassgebenden sich hätten vermeiden lassen.

Die Ventile lassen sich alle von oben her ohne Lösung der Steuerung nachsehen und ausbessern, dagegen ist ein grosser schädlicher Raum für die Windcylinder vorhanden und die Steuerungen sind nebst ihren Lagerungen schlecht zugänglich und übersichtlich. Dieselben wären, ohne einer besonderen Wartung zu bedürfen, doch weit zweckmässiger vor oder über die Ventilkästen zu verlegen gewesen.

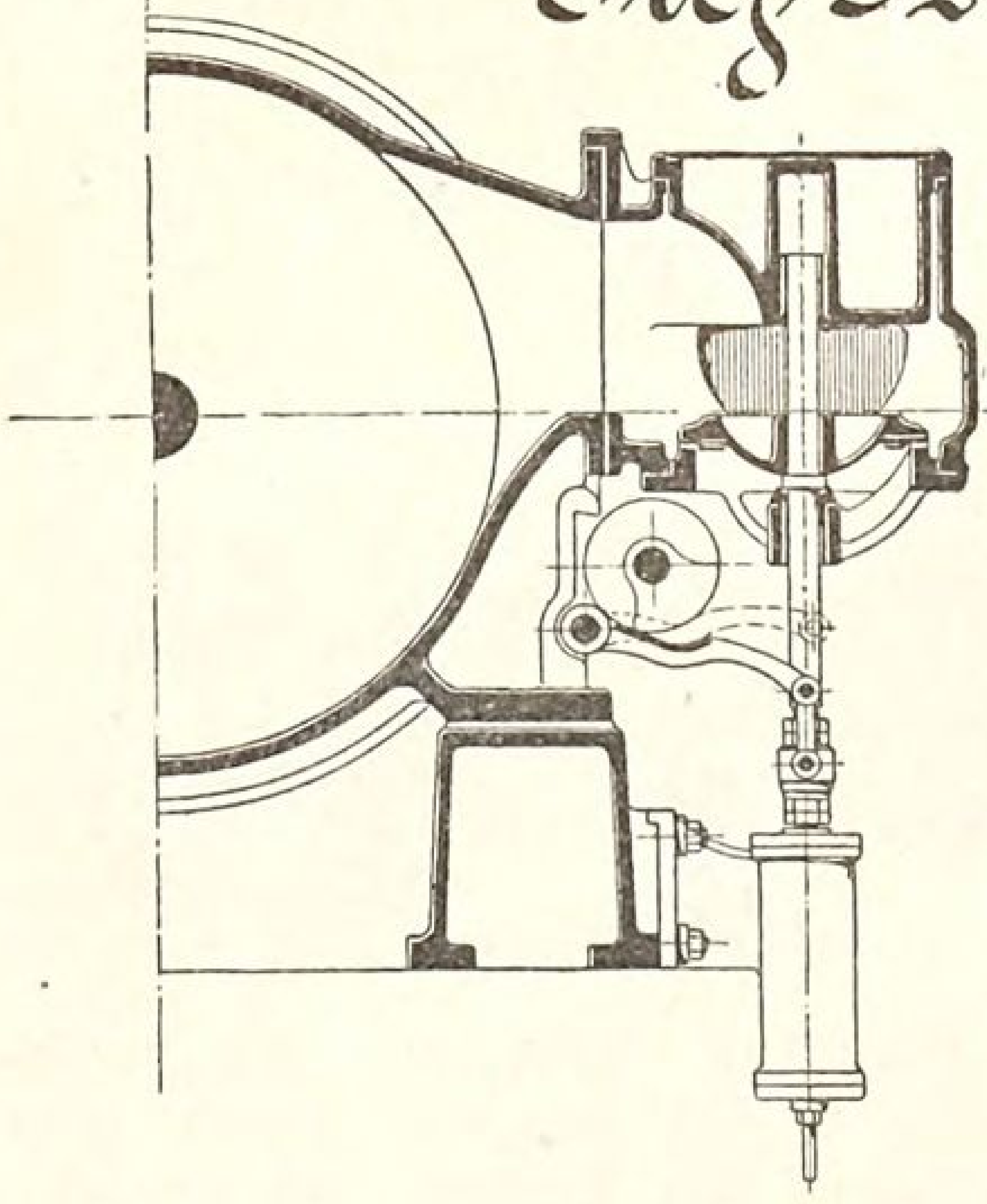
§ 505. Das Detail der Ventile anlangend, so werden dieselben durch dicke Spindeln, welche eine rasche Abnutzung der Führungen und eine Ablenkung der Ventile verhindern sollen, gut senkrecht geführt und in vollkommenerer Weise, als es bei sonstigen Ausführungen der Regel nach möglich und üblich ist.

Die Führungsspindeln sind zur Verminderung des unnöthigen Eisengewichts ausgehöhlt und auch die Ventile könnten wohl noch leichter gemacht werden.

Wie aus der $^1/_{30}$ grossen Fig. 92 hervorgeht, sind die Spindeln nach abwärts verlängert und stehen mit stellbaren Entlastungsfedern in Verbindung, deren Gehäuse mit obenliegenden Luftpuffern versehen sind, um das Aufschlagen der Ventile nach oben zu verhüten.

Die Federn gleichen nicht allein das Eigengewicht der Ventile sammt Stangen und Hebel aus, sondern, was vorgesehen wurde und sich sehr bewährt hat, auch alle dem Oeffnen der Ventile entgegenstehenden Widerstände. Man hat den Federn sogar ausserdem noch so viel Ueberdruck gegeben, dass auch der Einfluss der Sitzflächen sowie die Trägheit der Massen überwunden werden.

Fig. 92



Dadurch erst wurde es thatsächlich möglich, die Ventile beim ersten Moment des Druckwechsels sofort vollständig zu öffnen und geöffnet zu halten.

Der Erfolg dieser Ventilanordnung ist die ganz geräuschlose volle Eröffnung derselben, das ebenso geräuschlose Durchströmen der Luft sowie die Vermeidung aller der Luftbewegung entgegenstehenden Hindernisse.

Die Ventilspindeln sind durch Schrauben gegen den Steuermechanismus stellbar, so dass die Ventile auf das freie Spiel genau eingestellt werden können.

Zwischen die Regulirungsmuttern, nahe unterhalb des Angriffspunktes des Steuerungsbügels, ist eine elastische Gummischeibe eingeschaltet, welche im Nothfalle, wenn die Steuerung unbemerkt unrichtig gestellt oder in Unordnung gerathen sein sollte, ein geringes, selbstthätiges Oeffnen der Ventile auch bei falscher Steuerung noch ermöglicht.

Die Steuerung selbst wird von einer rotirenden Welle betrieben, auf der die entsprechend gestalteten Steuerdaumen befestigt sind; die Schlussbewegung dagegen überträgt sich durch Hebel auf die Ventile. Die Daumen sind auf den Wellen nicht aufgekeilt, sondern seitwärts an aufgekeilten Scheiben befestigt und daran genau stellbar. Um möglichst sanfte und, unmittelbar darauf folgend, möglichst rasche Ventilbewegung zu erzielen, sind die Uebertragungshebel nicht gerade, sondern krummlinig begrenzt, so dass die Stosswirkung beim ersten Angriff vermieden wird.

Für die Schlussbewegung der Ventile ist eigentlich nur der erste Theil der Daumen nothwendig, da, nachdem die Ventile dem Sitz genähert worden sind und nachdem durch den Luftdruck der Schluss erfolgt ist, die Daumen keine weitere Aufgabe haben. Die zweite Seite derselben könnte daher beliebig begrenzt sein, denn die Ventile bleiben während des nun folgenden Kolbenrückganges geschlossen und bedürfen keinerlei Zuhaltung.

Dennoch wurde die Einrichtung getroffen, dass die Steuerhebel während der selbstthätigen Eröffnung der Ventile an den Gegencurven der Daumen abgleiten müssen, so dass die erste, unter der Einwirkung der vollständigen Entlastung geschehende Eröffnung der Ventile nicht zu plötzlich, sondern in dem Maasse erfolgen muss, wie die fortschreitenden Daumen die Steuerhebel frei lassen, so dass die bei grossen Ventilen und bei plötzlicher Eröffnung möglichen Stösse vermieden werden (Riedler a. a. O., S. 7).

§ 506. Diese Anordnungen haben sich im Betrieb in jeder Hinsicht bewährt, und es arbeiten die Ventile bei allen Geschwindigkeiten und Pressungen ohne jeden Stoss und ganz zuverlässig. Die Eröffnung geschieht rasch und bis auf volle Hubhöhe, und sie schliessen sich genau, wie im Entwurf vorgesehen, wobei während des letzten Schlusses ein freies Spiel von 1—2 mm vorhanden ist.

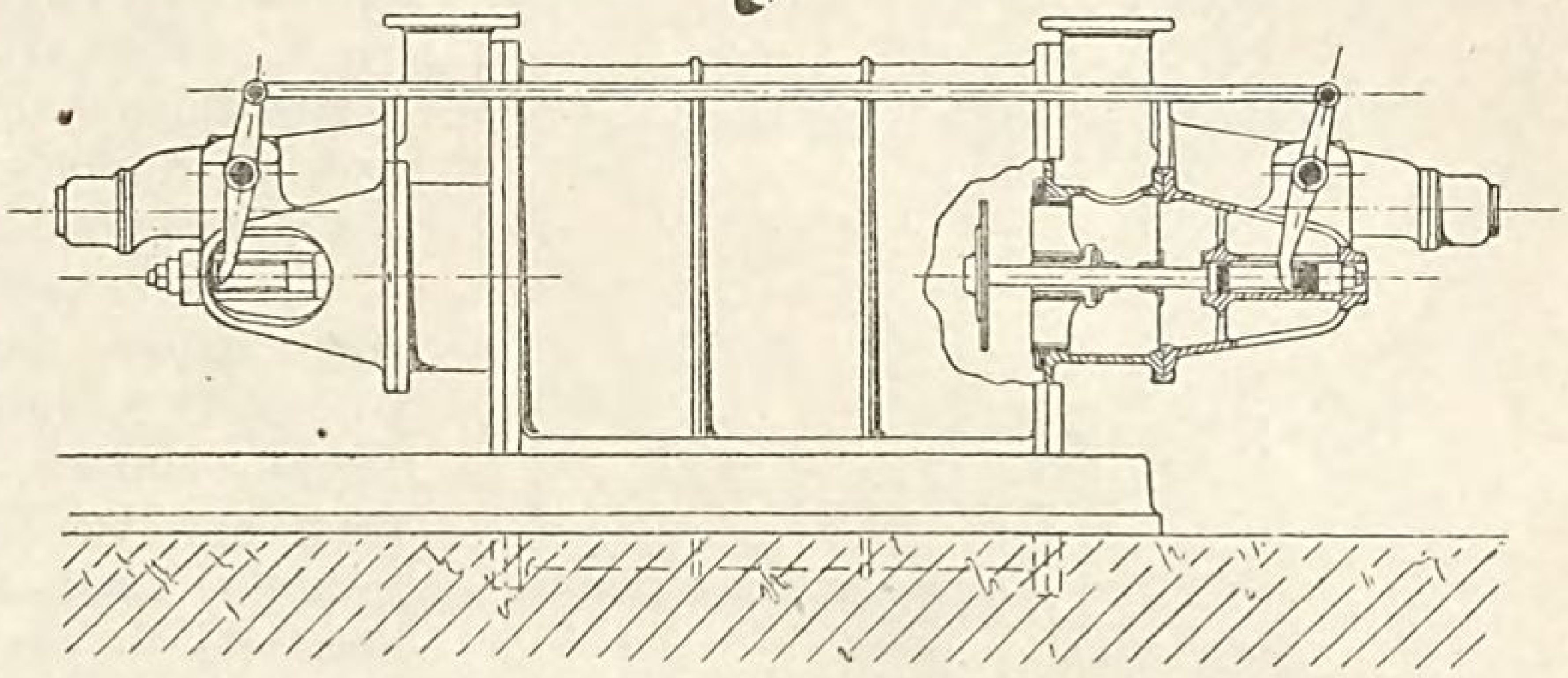
Der vollkommen ruhige Gang ist die Ursache, dass sich bis heute, also nach Ablauf von mehr als vier Jahren, keinerlei Aenderung oder Auswechselung der Dichtung oder eine Vervollkommnung derselben als nöthig erwiesen hat.

Die Druckventile sind von Anfang an mit Kupferringen von 5 cm breiter Sitzfläche armirt und mit einfachem Gusseisensitz ausgeführt worden. Die Saugventile wurden mit Leder armirt, da ein Verderben desselben in der höheren Temperatur der Bessemerblasecylinder durch die stete Abkühlung, die beim Einströmen der angesaugten Luft stattfindet, verhindert wird.

Bei der Anwendung des Kupfers konnte man günstige Erwartungen in gleichem Maasse nicht hegen, da Erfahrungen nicht vorlagen; man war deshalb entschlossen, erst nach Inbetriebsetzung die etwa erforderlichen Verbesserungen in der Dichtung vorzunehmen.

Es scheint hiernach beinahe sicher, dass viele nicht geglückte Versuche mit den gleichen Dichtungsmaterialien nicht durch die Beschaffenheit des verwendeten Materials, sondern auch und in erster Linie durch das unregelmässige Spiel der gewöhnlichen früheren Ventile und die hierbei eingetretene Beschädigung der Dichtung durch Stosswirkung erfolglos geblieben sind.

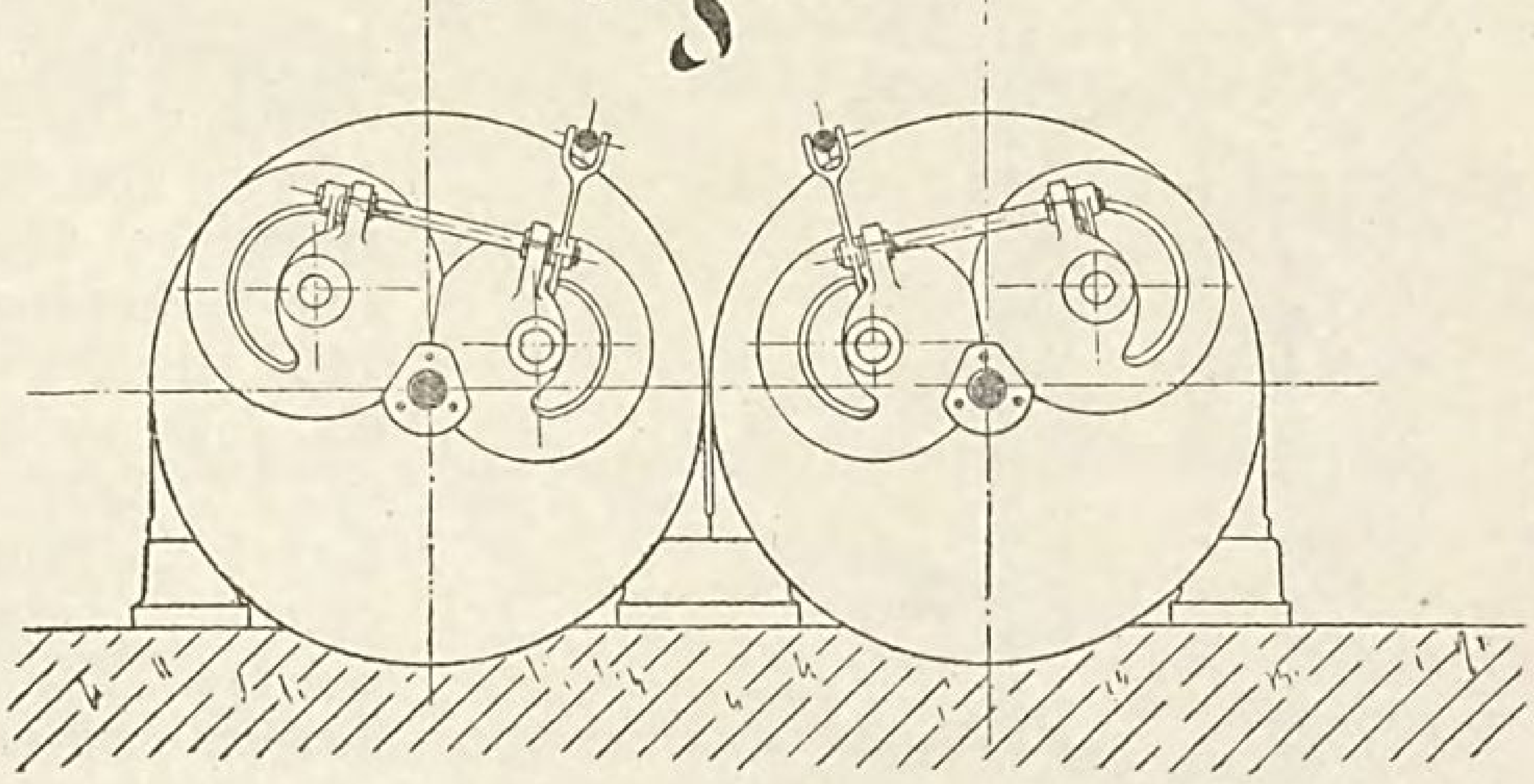
Fig. 93a



Eine in Heft geschehene Einrichtung verdient noch Erwähnung: die von Hülfsventilen, welche zur Vergrösserung der Saugwirkung und zur Entlastung der Triebwerke ausgeführt wurde, nachdem die Anordnung des Gebläses die anderweitige Vermeidung des schädlichen Raumes unmöglich gemacht hatte.

Verschiedentlich, unter Anderen von Wellner, ist vorgeschlagen worden, die im schädlichen Raum zurückgebliebene comprimirte Luft beim Hubwechsel unmittelbar auf die andere Cylinderseite überströmen zu lassen. Dadurch wird auch die von der Grösse des schädlichen Raumes weniger als von dem Cylinderdurchmesser und der Windpressung abhängige gesteigerte Beanspruchung der Triebwerke, welche Riedler z. B. bei einem Bessemergebläse auf 23700 Kilo gegenüber einem anfänglichen Dampfdruck von 30000 Kilo veranschlagte, aufgehoben oder vermindert. Zur Ausführung dieser Entlastung und Ueberströmung wurden in Heft entlastete Ventile mit genauester Einstellung angewendet. Die genaue Einstellung ist erforderlich, da eine verfrühte Ueberströmung Kraft- und Windverlust bedeutet, eine verspätete dagegen hinsichtlich der nothwendigen Entlastung des Triebwerkes zwecklos ist.

Fig. 93b



Die später genommenen Diagramme haben gezeigt, dass die Ueberströmungsventile beim Gebläse in Heft sehr gut entsprochen haben, wenn es auch auf alle Fälle vortheilhafter ist, nicht durch eine gezwungene fehlerhafte Anordnung zu einer Benutzung derartiger Hülfsmittel gezwungen zu werden (Riedler a. a. O., S. 8).

§ 507. Bei späteren Ausführungen, wo ähnliche Beschränkungen wie im Bauprogramm der Maschine zu Heft nicht vorhanden waren, konnte die Anordnung der Ventile erheblich vortheilhafter getroffen werden, als sie damals möglich erschien.

Riedler verlegte die Ventile in die Bodenflächen des Blasecylinders selbst und brachte die ganze Führung sowie die Lagerung der Steuerhebel in festen Zusammenhang mit dem Cylinder, was ja in Heft bekanntlich nicht möglich geworden war.

Ein für ein umgestaltetes westfälisches Stahlwerk errichtetes Gebläse erhielt die in den Figuren 93a und 93b erläuterte Anordnung und Ausführung.

Der Windcylinder von 1015 mm Durchmesser (bei 950 mm Hub) soll Wind von $1^1/_2$—$2^1/_2$ Atmosphären mit 40—70 Touren pro Minute herstellen.

Auf jedem Cylinderdeckel sind zwei aneinander stossende Ventilkästen, doch ohne innere Verbindung angegossen, auf denen wiederum kegelförmige Haubenstücke mit Flanschen befestigt sind, in denen die ganze Führung untergebracht ist.

Die Ventile, von denen das Saugventil in Fig. 93a durchschnitten dargestellt ist, werden vermittelst einer schrägliegenden Zwischenwelle, die auf den Hauben festgelagert ist, durch einfachste Hebelübertragung abwechselnd gesteuert, d. h. im jeweiligen Hubwechsel geschlossen. Die Steuerstange, welche die schrägliegende Welle ebenfalls mittelst Hebel bewegt, wird von der Schwungradwelle der Maschine aus durch einen doppelt wirkenden Daumen bewegt. Der Ventilkasten des Saugventils ist sowohl nach oben als nach der Haube zu offen, während der Ventilkasten des Druckventils sich nur nach der in Fig. 93a erkennbaren Druckleitung hin öffnet, von der Haube aber durch eine Wand abgeschlossen ist, in welcher eine Stopfbüchse zur Führung der Ventilstange sich befindet.

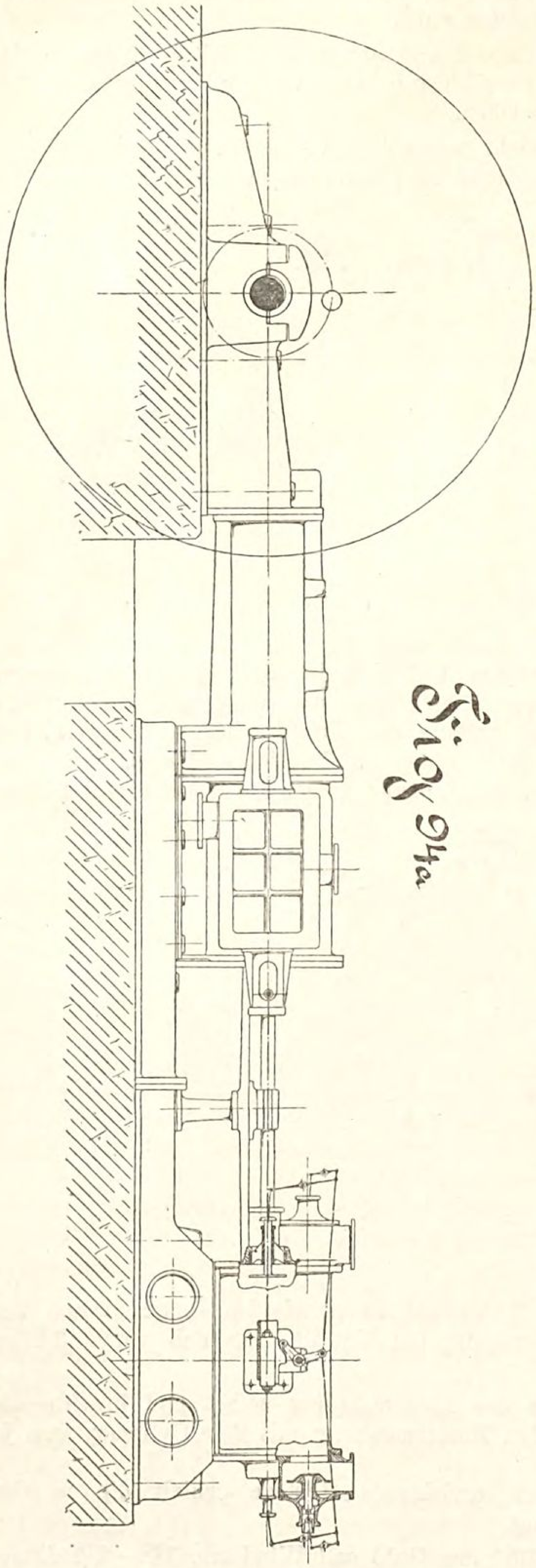


Fig. 94a

Die Hauben haben seitliche Oeffnungen, um den Hebeln den Zugang zu den Ventilstangen zu gestatten.

Eine Entlastung durch Federn etc. ist bei der horizontalen Anordnung dieser Windsteuerung nicht nöthig, und es vereinfacht sich hierdurch die ganze Ausrüstung des Windcylinders in hervorragender Weise.

Die auffällige Nebeneinanderlage der Windcylinder rührt daher, dass eine alte Zwillingsdampfmaschine, die früher ein Radreifenwalzwerk betrieben hatte, zum Gebläsebetrieb einfach durch Anschluss des Windcylinderpaares umgebaut worden ist. Wegen der ursprünglich unterirdischen Lage der Maschine und der Transmissionsverhältnisse liegen die Dampfcylinder ziemlich nahe aneinander und treiben eine zweimal gekröpfte, dreimal gelagerte Welle, auf deren Enden zwei Schwungräder sitzen. Innerhalb der letzteren liegt jederseits das Excenter für die auf der Aussenseite der Dampfcylinder funktionirenden Steuerungen. Dadurch war es nur möglich, jederseits des Mittellagers die doppelt wirkenden Daumen zur Bewegung der Windsteuerstange anzubringen, welche über die Dampf- und über die Gebläsecylinder fortgeführt werden musste.

§ 508. In den Figuren 94a, 94b und 94c sind die Anordnung und einzelnen Details des von Riedler entworfenen Gebläses im Neuberger Stahlwerk mitgetheilt.

Die beiden Windcylinder haben 890 mm Durchmesser bei 950 mm Hub und ihre Kolben werden durch eine Verbundmaschine von 770 mm Hochdruckcylinder und 1100 mm Niederdruckcylinder in Bewegung gesetzt, wobei die Tourenzahl 45—60 pro Minute beträgt.

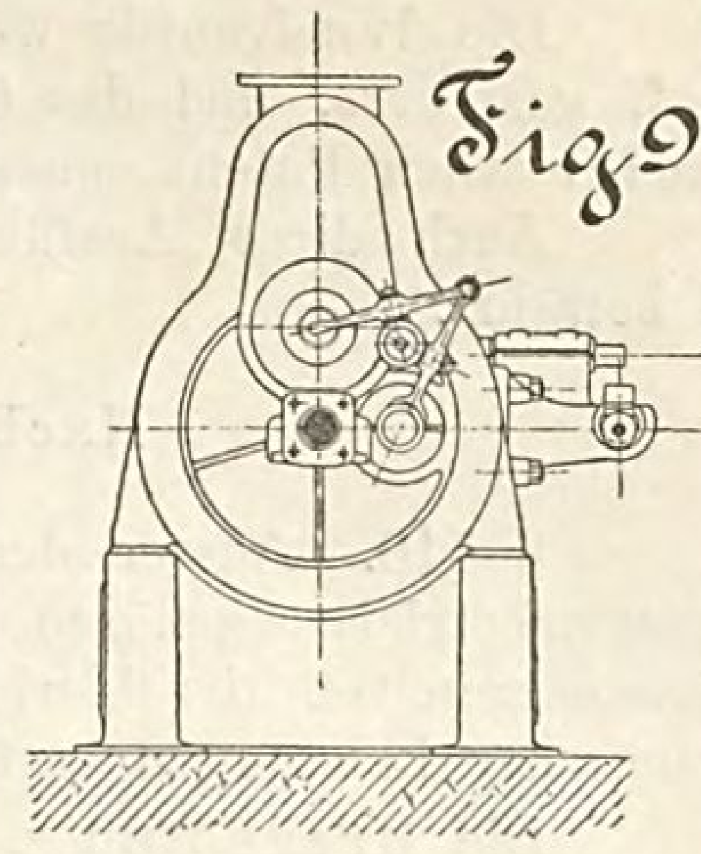
Auch bei dieser Ausführung hat jeder Cylinderdeckel ein Saug- und ein Druckventil, doch in etwas bequemerer Anordnung als bei dem vorher beschriebenen Gebläse. Die Steuerung zunächst anlangend, so erfolgt dieselbe mittelst der durch den Schieberkasten durchgehenden, verlängerten Schieberstange der Dampfcylindersteuerung, so dass ein Excenter die beiden Steuerungen, für Dampf und Wind, bewegt.

Die in Fig. 94a durch eine kräftig strichpunktirte Linie angedeutete Verlängerung der Schieberstange schiebt eine in einer offenen Hülse an einem auf dem Windcylindermantel befestigten Consol oder Arm bewegliche Curve oder Nase hin und her, welche beim Hin- und Hergang einen Winkelhebel bewegt, dessen Axe ebenfalls auf dem gedachten Arm sicher eingelagert ist. Am anderen Ende des Winkelhebels fassen zwei nach den Cylinderböden hingehende Schubstangen an, deren Enden mittelst zweier gerader, aber schräg gestellter Hebel die kurzen Bügel der Ventile ergreifen und mit einer Bewegung in gleichem Sinne das Saugventil öffnen und schliessen, während das Druckventil beziehungsweise geschlossen und geöffnet wird.

Die Durchschnitte der Ventilanordnung sind aus Fig. 94a und 94b deutlich zu erkennen; man sieht, dass die Ventile sehr leicht zugänglich sind, da die ihre ganzen Führungen enthaltenden Gehäuse auf den Cylinderböden, bezw. auf den Wänden des nach der Druckleitung hin führenden Kastens aufgeschraubt sind (vgl. auch die Bodenansicht Fig. 94b).

Das Saugventil, von flach gewellter Gestalt, wird in einer langen Metallhülse geführt, die in der Büchse eines mit kräftigen Rippen versehenen Gestells sitzt, das, gitterartig durchbrochen, auf der Saugöffnung des Cylinderbodens ruht (vgl. Fig. 94c, rechts).

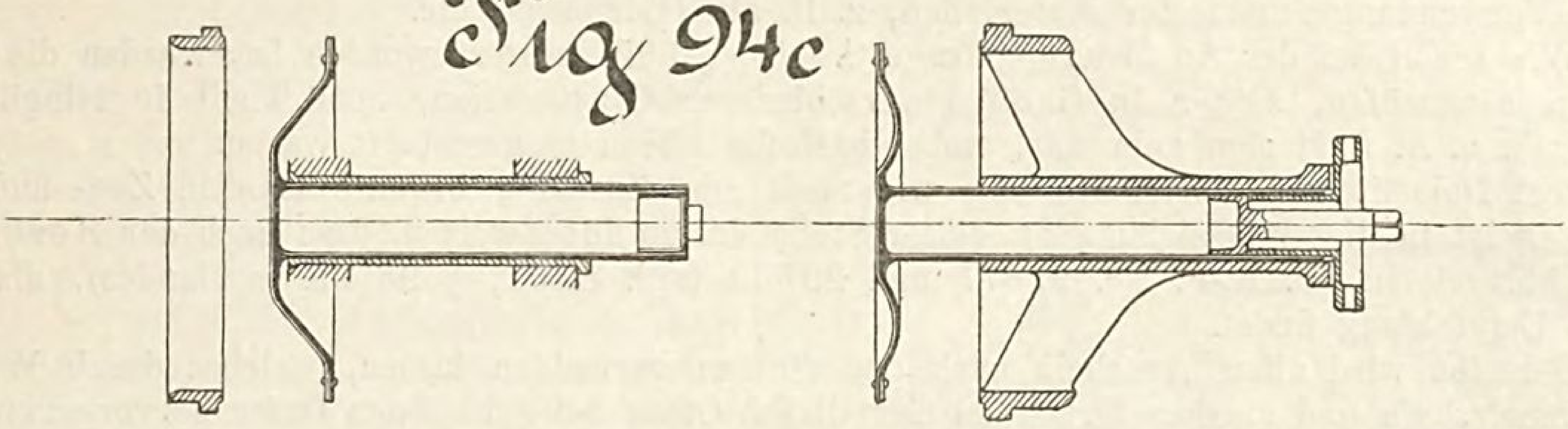
Fig. 94b



Das Druckventil dagegen ist im Sinne einer rascheren Windeinströmung und einer thunlichsten Verminderung des schädlichen Raumes etwas zurückgebogen und führt sich ebenfalls in einer Büchse, die in den Druckkanal hineinragt und am äusseren Ende mit einem Packungsraum und einer nochmaligen Führung versehen ist. Dadurch ist jedes Heraustreten von Luft möglichst verhindert. Beide Ventile haben etwa 270 mm Durchmesser und 80 mm Hub und sind mit der in Heft bewährten Kupferdichtung ausgeführt.

Die Skizzen 94a und 94b sind in 1/60, die Skizze 94c dagegen in 1/10 natürlicher Grösse ausgeführt.

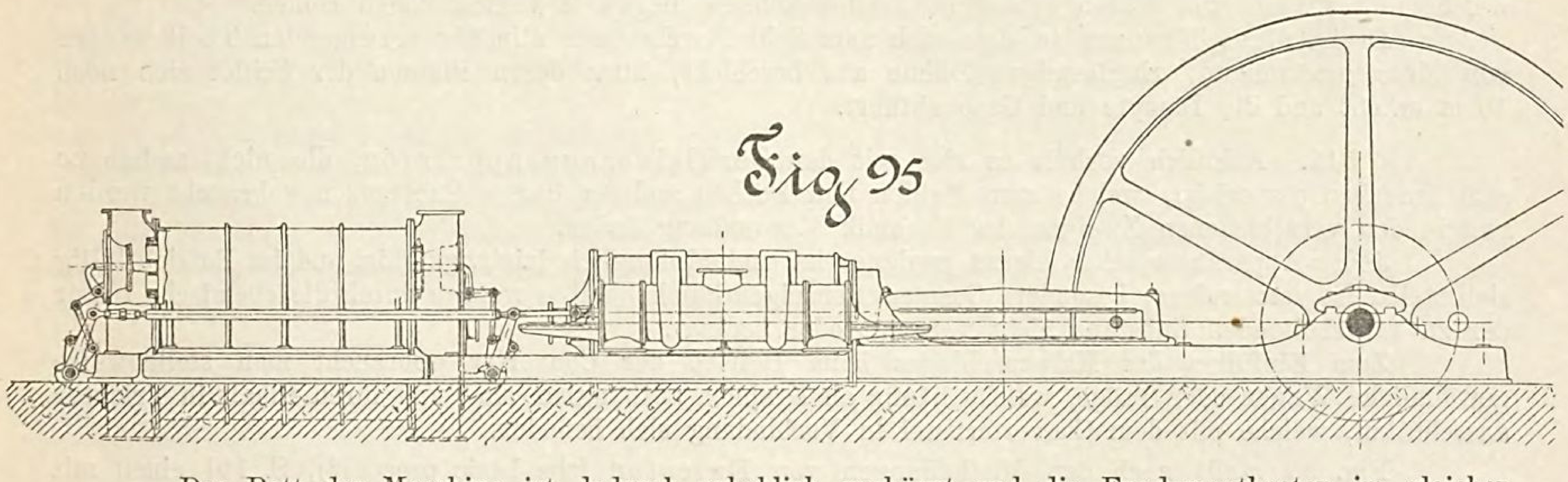
Fig. 94c



§ 509. Schliesslich folgt in Fig. 95 die Skizze eines für Kladno in Böhmen ausgeführten Gebläses, welches eine noch weiter gehende Einfachheit und Selbstständigkeit der Ventilsteuerung zu erkennen gibt (1/100 natürl. Grösse).

Durch einen sehr gedrängten Bau und durch das Näherrücken von Wind- und Dampfcylinder wird die Schlittenführung zwischen den beiden Cylindern vollkommen überflüssig gemacht. Sowohl Dampf- als Windcylinder haben grosse Stopfbüchsen nach dieser Seite hin, welche die Führung vermitteln.

Fig. 95



Das Bett der Maschine ist dadurch erheblich verkürzt und die Fundamentkosten im gleichen Grade ermässigt, namentlich da die Kolbenstange hinter dem Gebläsecylinder nicht weiter verlängert ist und dort nicht nochmals geführt wird.

Die Anlage und ihr Betrieb in dieser Form und Anordnung beweist die Möglichkeit, liegende Maschinen ohne alle derartige Hülfsführungen zu construiren und nur durch gutgeliderte Kolben das Unrundwerden zu verhüten.

Die Ventile liegen bei dieser Maschine noch regelmässiger als bei den vorher beschriebenen und ihre Sitze fallen mit den Böden des Cylinders zusammen. Sie werden von der verlängerten Schieberstange aus durch zwangläufige Hebelverbindungen gesteuert, welche an zwei vor und hinter dem Blasecylinder in dem Fundamentrahmen gelagerten Wellen arbeiten.

Die verlängerte Schieberstange greift mit je einem Hebel diese Wellen an und beide Hebel sind durch eine mit Stellvorrichtung versehene Verbindungs- oder Parallelogrammstange verbunden. Auf den beiden Wellen stecken zwei kürzere Hebel, von denen der eine das Druck-, der andere das Saugventil durch entsprechende weitere Hebelverbindungen bewegt.

Die Windventile werden mithin von der verlängerten Schieberstange aus, ohne Uebertragungscurve, gesteuert, und das Ganze repräsentirt recht eigentlich die einfachste Anordnung der nach dem Riedler'schen Patent construirten Ventile.

Auch diese Ausführung hat sich durch ruhigen Gang und Geräuschlosigkeit ausgezeichnet und bewährt.

Nachträge zur Ausrüstung der Converterbetriebe.

§ 510. Ausser den im Vorstehenden ausführlicher behandelten Ausrüstungsgegenständen des Converterbetriebes gehören im weiteren Sinn die zum Brennen und ferneren Behandeln des Dolomits nothwendigen Geräthe hierher, die aber zum geringsten Theil sich von den zur Ausführung anderer keramischer Leistungen bestimmten und gewöhnlich angewendeten ähnlichen Dingen unterscheiden.

Die Brennöfen z. B., in denen der Dolomit- oder der Kalkzuschlag sowie die etwa gebrauchten basischen Steine gebrannt werden, unterscheiden sich in Nichts von zu ähnlichen Zwecken erbauten Oefen. Das Einzige, was in Frage kommen kann, ist eine zur Aufnahme der basischen Ladung oder Besetzung geeignete Verwendung feuerfester Materialien, z. B. als Bodenbelag etc.

Wie schon bei der Ausfütterungsfrage S. 414, § 395 erörtert worden ist, wurden die basischen Steine in Flammöfen, später in Gasöfen verschiedener Construktion, zum Theil in Ringöfen, nach Mendheim's u. A. Systemen gebrannt, wobei basische Böden eingestampft waren.

Den Dolomit zur Mörtelbereitung wie auch zum Zuschlag brannte man in Zug- und Gebläseöfen, und es ist in dieser Beziehung an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass auch der Herbertz'sche Dampfstrahlcupolofen, D. R.-P. No. 27677 und 29539 (vgl. S. 61, § 95 dieses Bandes), als Dolomitbrennofen Empfehlung findet.

Derselbe wird allem Anschein nach das Sintern vermeiden lassen, welches durch Widerstände in der Schmelzsäule und starken Druck im Gestell des Ofens bei geblasenen Oefen hervorgerufen werden kann, ohne deshalb zu der Befürchtung Veranlassung zu geben, dass die Temperatur zu niedrig zum hinlänglichen Todtbrennen des basischen Materials bleiben könnte.

Der von Ledebur, Eisenhüttenkunde, S. 212, Fig. 47—49 abgebildete Kalkbrennofen zu Peine gleicht dem in Band I, Taf. III und Textfiguren 34—38 abgebildeten Westman'schen Magneteisensteinröstofen, mit dem Unterschied, dass keine Hochofengasheizung vorhanden ist, und dass an deren Stelle drei Vorfeuer mit schwach geneigtem Planrost an drei Seiten des Ofens gelegt sind, während auf der vierten Seite das Ausziehen des gebrannten Materials stattfindet. Drei senkrechte Reihen von Visiren, welche indess auch zum Stören gebraucht werden können, liegen in verschiedenen Höhen.

Drei Aufgebeöffnungen in dem sich zum Schlotdurchmesser allmälig verengenden Theil werden von einer geräumigen, ringförmigen Bühne aus beschickt, über deren Planum der Schlot sich noch 10 m erhebt und die Dämpfe und Gase abführt.

§ 511. Aehnlich verhält es sich mit den Zerkleinerungsapparaten, die nicht anders zu sein brauchen als solche, welche zum Mahlen und Pochen anderer harter Substanzen gebraucht werden und in den verschiedenen Zweigen der Keramik Verwendung finden.

Jeder Apparat, welcher hierzu geeignet ist und hinlänglich leistungsfähig und im Betrieb billig sich stellt, ist verwendbar; besondere Construktionseigenthümlichkeiten werden durch die chemische Natur der zu verarbeitenden Substanz nicht verlangt oder bedingt.

Zum Einfüllen des Kalkzuschlages beim Betrieb der Converter gebraucht man stellenweise gewöhnliche Wagen oder Tröge, welche häufig an Krahnen aufhängbar sind und ihren Inhalt in Trichter ausschütten, welche mit dem Convertermaul in Verbindung sich befinden.

Fig. 96 stellt nach den Mittheilungen von Egleston [the basic process*), S. 10] einen mit trichterartiger Mündung versehenen Wagen dar, welcher durch den Chargenaufzug in eine ausreichende Höhe über den Convertern gehoben wird und dort seinen Inhalt direkt in dieselben ausschütten kann, nachdem er auf einer Schienenbahn vor das entsprechende Maul gebracht worden ist.

Die Form ist aus den drei Ansichten leicht zu erkennen, von denen die erste (linke) die Rückseite und die Unterseite darstellt, während die mittlere Ansicht die der oberen, zum Einfüllen bestimmten Mündung und die letzte (rechte) Zeichnung das Profil des Wagens, das quer gegen die Geleise- oder Fahraxe gerichtet ist, darstellt.

*) Vorgelegt am 12. Meeting des Amerikanischen Bergwerks-Instituts Boston 1885 und gedruckt in den Transactions desselben Instituts, Mai 1885.

Die Construktion, über deren Einzelheiten die Quelle sich nicht näher verbreitet, ist eine einfache; das Gefäss des Wagens ist von Blech zusammengenietet und mit Hülfe von Blechringen und Winkeleisenstücken auf den Lagerblöcken der Räderaxen befestigt. Eine Verschlussklappe für die Chargiröffnung ist zwar nicht zu erkennen, wird aber jedenfalls vorhanden gewesen sein.

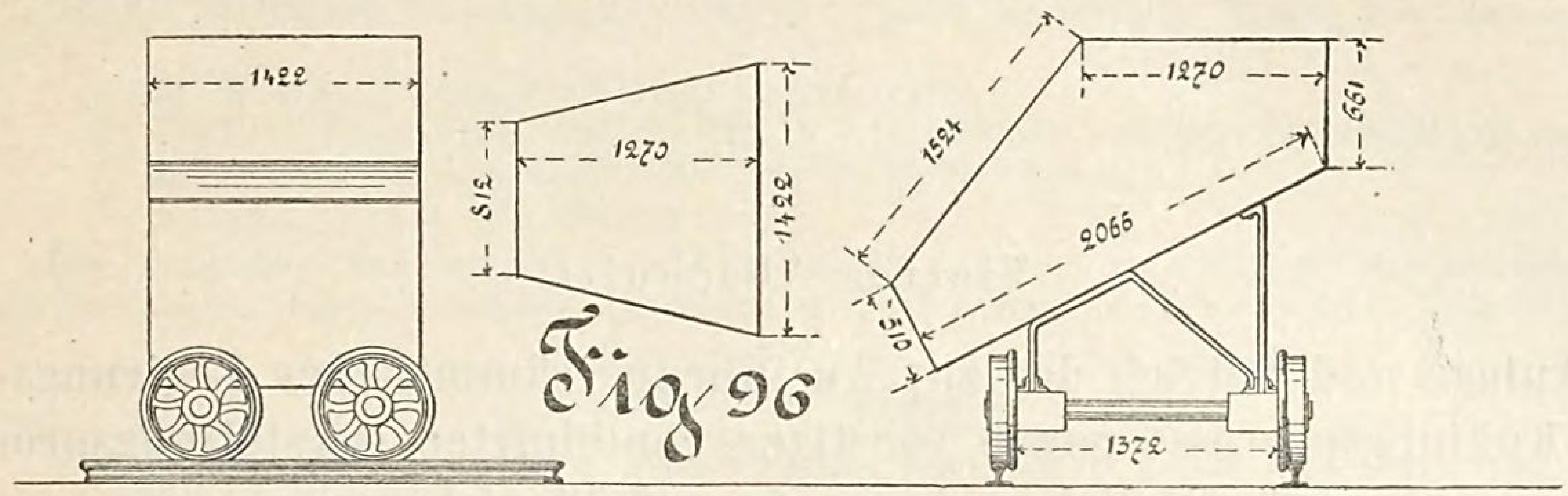
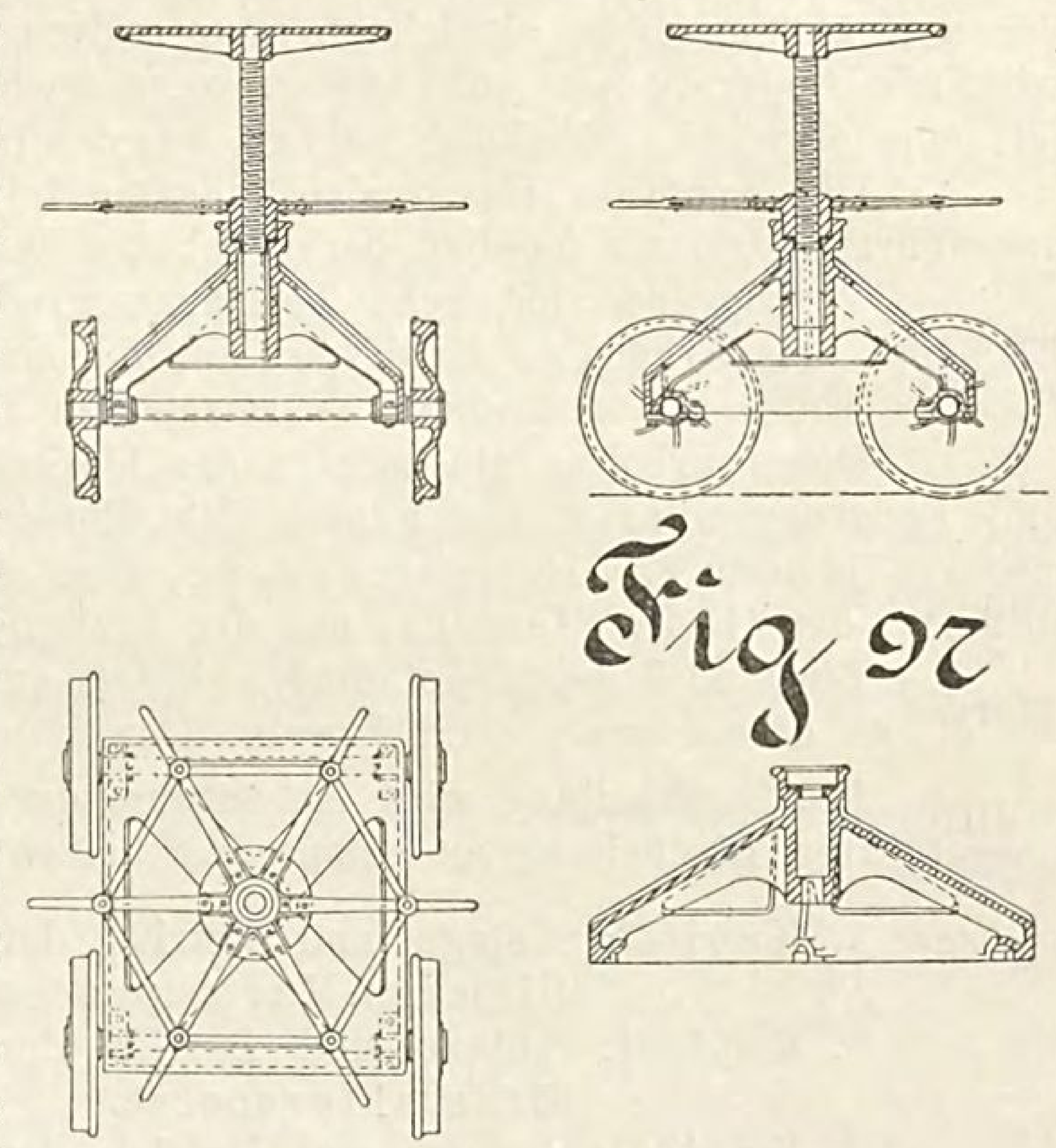


Fig. 96

§ 512. Es ist im Abschluss dieses Abschnittes noch eine für das bereits citirte schwedische Bessemerwerk, welches Wittenström beschrieben hat, ausgeführte Bodenhebe- und Anschlussvorrichtung zu erwähnen, auf welche bereits hingewiesen war.

Dieselbe, in Fig. 97 dargestellt, besteht aus einem starken pyramidalen, mit hoher centraler Hülse versehenen Gestell, welches mit vier einfachen Lagern sich auf zwei Räderpaare auflegt, welche durch Axen fest verbunden und mit Spurkränzen versehen sind. Der obere Theil der Hülse ist als Stopfbüchse ausgebildet und in demselben bewegt sich, durch ein mit sechs Handgriffen versehenes Steuerrad drehbar, eine mit Muttergewinde versehene Nuss.


Fig. 97

In derselben steckt eine mit Vatergewinde versehene verticale Spindel, welche in ihrem unteren Theil quadratisch gebildet ist und von einer entsprechend gestalteten Büchse am Unterende der Hülse des Wagengestells geführt wird.

Dadurch am Drehen gehindert, wird die Spindel den Bewegungen des Steuerrades nur in so weit folgen, als sie sich in der mit Gewinde versehenen Nabe desselben auf und ab bewegt, je nach der Drehungsrichtung des Rades.

Auf dem Ende der Spindel ist eine Trageplatte von kreisförmiger Gestalt aufgesteckt, an der Unterseite durch Verrippungen verstärkt, und auf derselben ruht der zum Einsetzen in die Bessemer-Retorte vorbereitete Boden. Die Bewegung des Wagens erfolgt von Hand, wie auch das Heben und Senken des Tisches auf der Spindel.

Vierter Abschnitt.

Anlage und Betrieb der zur Ausführung sämmtlicher Legirungs- und Kohlungsprocesse sowie sonstiger combinirter Darstellungsprocesse erforderlichen Apparate und Einrichtungen.

§ 513. Es kommen bei den hier erwähnten Darstellungsprocessen, welche ja vorwiegend Mischprocesse sind (vgl. S. 304, § 234), die sich in Verbindung mit Frisch-, Legirungs- sowie mit eigenthümlichen Kohlenprocessen abwickeln, ganz andere, mehr calorisch als nach irgend einer Richtung chemisch wirkende Apparate zur Anwendung, wenn auch wegen der Gegenwart der nothwendigen Verbrennungsluft eine chemische Wirkung selten ganz ausgeschlossen ist.

Die Apparate lassen sich indessen leichter classificiren, als es hinsichtlich der Processe (am angeführten Ort) als möglich hervorgehoben wurde.

Vorwiegend sind hohe Temperaturgrade erforderlich, um die Vereinigung der verschiedenen Elemente der Arbeit zu bewirken, obwohl manche der in den Bädern sich vollziehenden chemischen Processe selbst als zusätzliche Wärmequellen anzusehen sind.

Daher arbeiten die meisten der hierher gehörigen Methoden mit den vollkommensten Heizungs- und Feuerungsanlagen der ganzen Metallurgie, und gerade auf ihrem Gebiete hat die vollendetste moderne Feuerung, die Gasfeuerung, ihre grössten Triumphe gefeiert und den Namen ihrer Hauptförderer, der Gebr. Siemens, mit den bezüglichen Processen unlösbar verbunden.

Eine noch leistungsfähigere Wärmequelle, der elektrische Lichtbogen, ist ebenfalls ein Mittel, an dessen erste versuchsweise Durchführung sich der Name Siemens knüpft.

Die Stofftheilung wird am ehesten der Eingangs des 4. Kapitels vom ersten Abschnitt (S. 304) ausgeführten Eintheilung zu entsprechen haben und folgende Kapitel ergeben.

1. Kapitel: Anlage und Betrieb der Apparate und Einrichtungen zur Ausführung des Siemens-Martinprocesses.
2. Kapitel: Anlage und Betrieb der Apparate und Einrichtungen zur Ausführung der Erzstahlprocesse.
3. Kapitel: Anlage und Betrieb der Apparate und Einrichtungen zur Ausführung der Cementations-, Gärb- und Gussstahlprocesse.
4. Kapitel: Anlage und Betrieb der Apparate und Einrichtungen zur Ausführung der auf Legirung beruhenden Gussstahlprocesse.

Zur Vermeidung von Wiederholungen sind die bezüglichen Apparate nur an einer und zwar der Stelle angeführt, wo ihrer zum ersten Male Erwähnung geschieht.

1. Kapitel.

Anlage und Betrieb der Apparate und Einrichtungen zur Ausführung der Siemens-Martinprocesse.

§ 514. Wie bereits § 235, S. 304—305 hervorgehoben wurde, gelang der von Martin Mitte der 50er Jahre vorgeschlagene Legirungsprocess zwischen Roheisen und Stabeisen, allerdings auch nicht in der ursprünglich als ausführbar vorausgesetzten Einfachheit, erst dann, als W. Siemens in London dem französischen Erfinder den von seinen Brüdern zuerst ausgebildeten, von ihm namentlich in der Metallurgie vertretenen Regenerativofen zur Verfügung stellte.

Weiter wurde bereits § 236, S. 305 hervorgehoben, dass bei dem Process die Erzielung einer hohen Temperatur noch immer die Hauptsache sei, und dass man beim Betrieb ein Sinkenlassen der Temperatur über ein gewisses Maass herab nicht eintreten lassen dürfe.

Daher wird ja auch mit kleinen Zusätzen gearbeitet, nachdem der Ofen und das in ihm erhaltene ursprüngliche Metallbad in der gehörigen Hitze sich befinden.

Die zur Darstellung der beim Siemens-Martinverfahren hergestellten Waaren benutzten Apparate zerfallen in

A. Schmelzöfen nebst zugehörigen Gaserzeugern;
B. Vorbereitungsöfen zum Vorwärmen der Einsätze und etwaiger Reinigung des Roheisens (welche früher einige Zeit lang im Betrieb waren);
C. Nebenapparate zum Giessen.

Die Schmelzöfen sind hierbei die wichtigeren der Apparate und verdienen eine besonders ausführliche Behandlung, zudem sie auch die grossartigste Anwendung des Siemens'schen Princips zeigen.

A. Von den Schmelzöfen.

§ 515. Als Schmelzöfen für den Siemens-Martinprocess, wie er heutzutage geführt wird, wendet man fast ausschliesslich Regenerativöfen an, da eine direkte Rostfeuerung die geforderte Hitze andauernd und hinlänglich bequem hervorzubringen nicht in der Lage ist.

Selbst eine partielle Regeneration vermag das nicht zu leisten, was verlangt wird, wenn auch Versuche mit dahin gehörenden Apparaten vorübergehende Erfolge gegeben haben. Doch kann man diese Versuche selbst nicht als abgeschlossen gelten lassen, da sie gewöhnlich mit eben disponiblen, doch zu ganz anderen Zwecken construirten und oft unzureichenden Apparaten ausgeführt wurden.

Nur eine sehr grosse Anstrengung derselben, die man als normal nicht bezeichnen konnte, ergab alsdann das ersehnte Resultat, welches auf den continuirlichen und mässigen Betrieb keinerlei Rückschluss zuliess.

Bei dem heutigen Stand des Siemens-Martinprocesses ist man auch thatsächlich nicht wieder auf jene Versuche zurückgekommen, sondern hat wesentlich nur die Oefen mit voller Regeneration, d. h. mit Aufspeicherung und Wiederbenutzung der ganzen überschüssigen Wärme in Benutzung.

Ihre schon früher (§ 325, S. 367) hervorgehobene grosse Gleichmässigkeit in der Wirkungsweise sowie die absolute Sicherheit in der Erzielung einer sehr hohen, die Eisenschmelzhitze noch übersteigenden Temperatur machen sie zu den besten Apparaten für den vorliegenden Zweck, und es wird sich an dieser Stelle das Vollständigste über die Regenerativöfen sagen lassen.

Sie zeigen im Wesentlichen übereinstimmende Charaktere, insofern es auf den gleichen Schmelz- oder Heizprocess ankommt.

Ein zur Aufnahme des Metallbades geeigneter Herd bildet den Mittel- und Ausgangspunkt der Anlage und wird in wechselnden Richtungen vom Gasfeuer überstrichen, welches durch die in einem Regeneratorenpaar vorgewärmten Ströme, von Gas und Luft hervorgebracht, eine sehr hohe Temperatur besitzt, den Einsatz und den ganzen Herdraum in blendender Weissgluth erhält und dann abzieht, um ein anderes Regeneratorenpaar so weit zu erhitzen, dass bei Stromwechsel die Vorwärmung der das Gasfeuer speisenden Ströme elastischer Flüssigkeiten an dasselbe übergehen kann.

Die Wärmeübertragung erfolgt hierbei vollkommen so wie bei den bereits im ersten Band geschilderten Winderhitzern der Systeme Cowper & Whitwell, welche als einzelne Regeneratoren oder Aufspeicherungsapparate der am Hochofen in Form von brennbaren Gasen verloren gegangenen Hitze angesehen werden können.

Ohne zu discutiren, was ja von anderer Seite reichlich geschehen ist, ob die Ausdrücke Regeneration und Regenerator vollkommen den Begriff der Siemens'schen Construktionen decken oder nicht, oder ob sich die Ausdrücke Wiedergewinnung, bezw. Aufspeicherung der Wärme besser eignen — soll zunächst der ganze Vorgang unter gleichzeitiger Berücksichtigung verschiedener Anwendungen und der construktiv wichtigen Folgerungen erörtert werden, nachdem eine übersichtliche Beschreibung erfolgt ist.

§ 516. Die diesem Band beigegebenen Tafeln enthalten ausser den auf I und II sich befindenden generellen Andeutungen sieben Constructionen von Siemensöfen, denen sich im Verlauf der Beschreibung noch weitere Darstellungen anschliessen werden.

Die Tafeln XXVI, XXVII und XXVIII zeigen Siemensöfen zur Ausführung des Martinschmelzprocesses, während die Tafeln XXIX und XXX einen Tiegelschmelzofen mit Gasfeuerung, die Tafeln XXXIV und XXXV aber Wärmeöfen für grössere und kleinere Gegenstände darstellen.

So verschieden die Heizräume, die Herde etc. bei diesen verschiedenen, im Bereich des Eisenhüttenwesens vorkommenden Anwendungen des Siemens'schen Princips sich auch gestalten, so wenig lässt sich der gemeinsame Grundzug der Construktion verkennen.

Immer sind die Heizräume trotz verschiedenster Construktion und Herdausstattung von zwei gegenüberliegenden Seiten aus dem in der Richtung wechselnden Gasfeuer zugänglich gemacht, so dass letzteres möglichst die ganze Breite des Heizraumes anfüllt und Zeit besitzt, die Wärme an den Ofen und die Einsätze abzugeben.

Bei neueren Construktionen, wie z. B. dem Martinofen Taf. XXVIII, vermehrt man die Zahl der beiderseitigen Zugänge und ordnet sie abwechselnd an, während andere, theilweise ältere Construktionen, Taf. XXVI und XXVII, die Zugänge in geringerer Anzahl aufweisen.

Bei grösseren oder ungünstig gestalteten Heizräumen, z. B. dem Tiegelofen Taf. XXIX, findet eine sehr weitgehende Theilung der Gesammtströme statt, um das Feuer auch in die Ecken des oblongen Heizraumes, der von den Breitseiten aus gefeuert werden muss, zu ziehen.

§ 517. Die Wärmespeicher oder Regeneratoren sind zum Theil unter dem Ofen, zum Theil vor demselben angeordnet und können, wie der Vergleich der Tafeln XXVI, XXVIII, XXIX und XXX zeigt, ausserordentlich verschiedene Verhältnisse in Höhe, Breite und Länge erhalten.

Beispiele aus der Glas- und Zinkindustrie würden noch grössere Abweichungen ergeben; die obigen genügen bereits.

Die Aussetzung der Speicher oder Regeneratorräume geschieht mit feuerfestem Material der besten Beschaffenheit und von einer die Dauerhaftigkeit des Aufbaues begünstigenden Gestalt. Dies ist so zu verstehen, dass ein Umfallen der Steinlagen möglichst vermieden werden soll, und man benutzt deshalb nicht mehr, wie anfänglich geschah, gewöhnliche, hochkantig aufgestellte Ziegelformate, sondern sogenannte Gittersteine von quadratischem, der früheren Ziegeldicke entsprechendem Querschnitt und gewöhnlicher Steinlänge, also $83 \times 83 \times 250$ mm durchschnittlich. Umfänglichere Kammern erhalten, wie ja schon die Anordnungen der Cowper'schen Apparate zeigen, kräftigere Verhältnisse für das Aussetzmaterial, um die Sicherheit des Aufbaues zu vergrössern. Die untersten Lagen der Aussetzung werden indess auch bei kleineren Regenerativanlagen aus hochkantig aufgestellten Steinen gewöhnlicher Formate oder auf besonderen Brücken- oder Tragsteinen gebildet, welche auf gemauerten Zungen lagern. Diese Zungen stehen auf der Kammersohle und theilen den von den Vertheilungsventilen herkommenden Strom, um die Kammer besser zu füllen.

§ 518. Ueber der Steinaussetzung bleibt in den Kammern stets noch ein durch die Pfeilhöhe des Gewölbes wesentlich bestimmter freier Raum, welcher die getrennten Ströme wieder vereint und in die nach dem Ofeninnern führenden Kanäle leitet.

Die Wände der letzteren sind auf den Kammergewölben aufgesetzt und führen in den Wänden der Ofenschmalseiten nach oben, manchesmal bis unter die Decken des Heizraumes, oft auch weniger hoch, z. B. bei dem Tiegelofen Taf. XXIX und XXX.

Bei den Glasöfen grösserer Dimension münden die Kanäle der beiden Ströme in einen niederen, den Raum theilenden Wall, in unerheblicher Entfernung von der Ofensohle, auf der die Glashäfen stehen, und bei den Zinkdestilliröfen nach schlesischem System ist das Verhältniss ähnlich.

Zur intensiveren Mischung und Verbrennung beobachtet man bei diversen Oefen die Vorsicht, Gas und Luft in verschiedener Höhe ausströmen zu lassen, doch scheint diese in Taf. XXVIII deutlich hervortretende Einrichtung besondere Vorzüge nicht zu haben, da andere, ohne dieselbe arbeitende Oefen gleichgute, d. h. zufriedenstellende Resultate ergeben haben müssen, da sie ohne die Einrichtung weiter bestehen.

Man wird nicht fehlgreifen, wenn man den Nutzen dieser vorsichtigen Leitung von Gas und Luft für schwerer brennbare Gase grösser ansieht als für leichter brennbare. Braunkohlengas und Gas von langflammigen Back- und Sinterkohlen wird auch ohne eine soweit getriebene Theilung und Mischung hinlänglich brennen, das beweist direkt der Ofen Taf. XXVI, der für steyrische Kohlen gebaut ist. (Vgl. auch die Textfigur 98 im Nachstehenden, welche den neueren Ofen des Gratzer Walzwerkes wiedergibt.)

Bei dem Ofen Taf. XXVII, welcher Gas aus einem geblasenen Generator erhält, das ohne weitere Wärmezufuhr direkt in den Ofen geleitet wird, während für die Verbrennungsluft Wärmespeicher vorhanden sind, ist eine verschieden hoch angeordnete Ausströmung angebracht, vermuthlich weil die Luft wärmer in den Herdraum tritt als das Gas. Das letztere wird deshalb auch höher eingeführt als die Luft, während man sonst umgekehrt verfährt, um die specifisch schwerere Luft und das leichtere Gas, eine gleiche Erhitzung beider vorausgesetzt, besser zu mischen.

Die Verbrennungserscheinung selbst ist in Folge des von Friedrich Siemens aufgestellten Princips der freien Flammenentfaltung Gegenstand lebhaftester Erörterungen in technischen Kreisen geworden, welche Erörterungen einen Abschluss noch nicht erhalten haben, da andere Interessen als rein wissenschaftliche dabei mitspielen. In den späteren theoretischen Betrachtungen erfolgt das Nothwendige über diese Ansichten.

Die Circulation der zuziehenden und abziehenden Ströme des Siemensofens wird durch die Wechselventile vermittelt, welche vor dem Eintritt in die Kammern der Wärmespeicher liegen und durch Hebel von der Hüttensohle aus regirt werden können.

Die Construktion derselben wird Gegenstand besonderer Mittheilungen sein, da sowohl Drosselklappen als Wechselhähne und Zweiweghähne benutzt werden können und in verschiedenem Maasse sich bewährt haben.

§ 519. Die Gaserzeugung selbst erfolgt in Generatoren, deren Einrichtung bei den Siemens'schen Oefen fast immer dieselbe ist und auf Taf. XXXI sowie in den Textfiguren 106 u. f. genauere Darstellung gefunden hat (s. diesen Band S. 368, § 327).

Die Generatoren arbeiten, wie alle ähnlichen Apparate, nach dem Grundsatz, die Temperatur und mit ihr die Kohlensäureproduktion auf einem Minimum zu erhalten und ein möglichst kühles und kohlenoxyd- sowie kohlenwasserstoffreiches Gas zu bekommen.

Von dem anfänglich ausschliesslich betretenen Weg zur Durchführung dieses Princips ist man aber vielfach abgewichen und hat gefunden, dass auch heisse Gase hinlänglich reich an brennbaren Bestandtheilen sein können, wenn der Generatorenbetrieb entsprechend geführt wird und man dabei nach der Brennstoffgrösse und -qualität operirt.

Man hat dies durch Anwendung von Gebläsen mit schwachem Druck und durch entsprechend stärkere Beschüttung möglich gemacht, wie noch speciell erörtert werden soll.

Die Gase werden theils unmittelbar, theils nach längerem Lauf (bei möglichst kühlem Gang der Regeneratoren) zu den Vertheilungsventilen geleitet, um von da abwechselnd nach der einen oder der anderen Herdseite zu strömen und die Heizung zu vermitteln.

Bei starker Bildung von Destillaten ist ein möglichst direkter Anschluss zu empfehlen, ebenso bei jedem heissen Gang, da eine längere Leitung dann ja Verluste an Wärme bedeutet.

Construktion des Schmelzofens.

§ 520. Der Siemens'sche wie jeder andere Schmelzofen, der zum Flüssigmachen von Metallen und Metallgemischen gebraucht wird, richtet sich in Grösse und Abmessungen wesentlich nach dem beabsichtigten Einsatz und eventuell auch nach der Form und Grösse der einzusetzenden Materialstücke. Dazu muss bemerkt werden, dass in letzterer Hinsicht nicht zu weit gegangen werden darf, wenn nicht die Leistung des Ofens leiden soll. Man vermeidet bei allen scharf gehenden Flammofen- und Gasfeuerungsbetrieben grössere Stücke im Einsatz und sorgt für die möglichste Gleichförmigkeit in dieser Beziehung, weil ungleiche Grössen auch ungleich grosse Schmelzzeiten und eine ungleiche Beschaffenheit des Metallbades zur Folge haben.

Die erste Rechnung, welche anzustellen ist, betrifft die Herdfläche, ihre Grösse und Gestaltung, welche wie folgt sich entwickelt.

Der Herd, d. h. die Herdmulde, muss das Bad in flüssigem Zustand aufnehmen können, ausserdem noch Raum für die Schlacken, eventuell noch für die einzutränkenden Abfälle bieten.

Das Volumen von einer Tonne Flusseisen oder Flussstahl ist zu veranschlagen auf $\frac{1}{7,25}$ Kubikmeter im kalten Zustand, wenn das specifische Gewicht des Schmelzproduktes gleich 7,25 angenommen wird. Selbstverständlich kann jedes andere Ergebniss genauerer Messungen in den Nenner vorstehenden Bruches eingesetzt werden.

Setzt man das Schwindmaass des Flusseisens oder Flussstahls auf $1,5/_{00}$ fest, obwohl es für härtere Produkte höher sein dürfte, so ist das Volumen einer Tonne flüssigen Produktes im Siemensofen

$$(1 + 0,015) \times \frac{1}{7,25} \text{ oder}$$

$$\frac{1,015}{7,25} \text{ cbm.}$$

Demnach ergibt sich als Chargenvolum im flüssigen Zustand für n Tonnen Einsatz der Ausdruck

$$\frac{1,015\, n}{7,25} \text{ cbm} \quad \text{(I).}$$

Aus dieser Formel kann man die Oberfläche des Bades im Ofen ganz leicht ableiten, indem man zunächst von einer mittleren Tiefe ausgeht und dieselbe an allen Punkten der Sohle als gleich

voraussetzt. Diese mittlere Badtiefe, in h Metern ausgedrückt, setzt man in den Nenner des Ausdrucks I und bekommt den Ausdruck der mittleren Badfläche

$$\frac{1{,}015\ n}{7{,}25\ h}\ \text{qm} \quad \text{(II)}$$

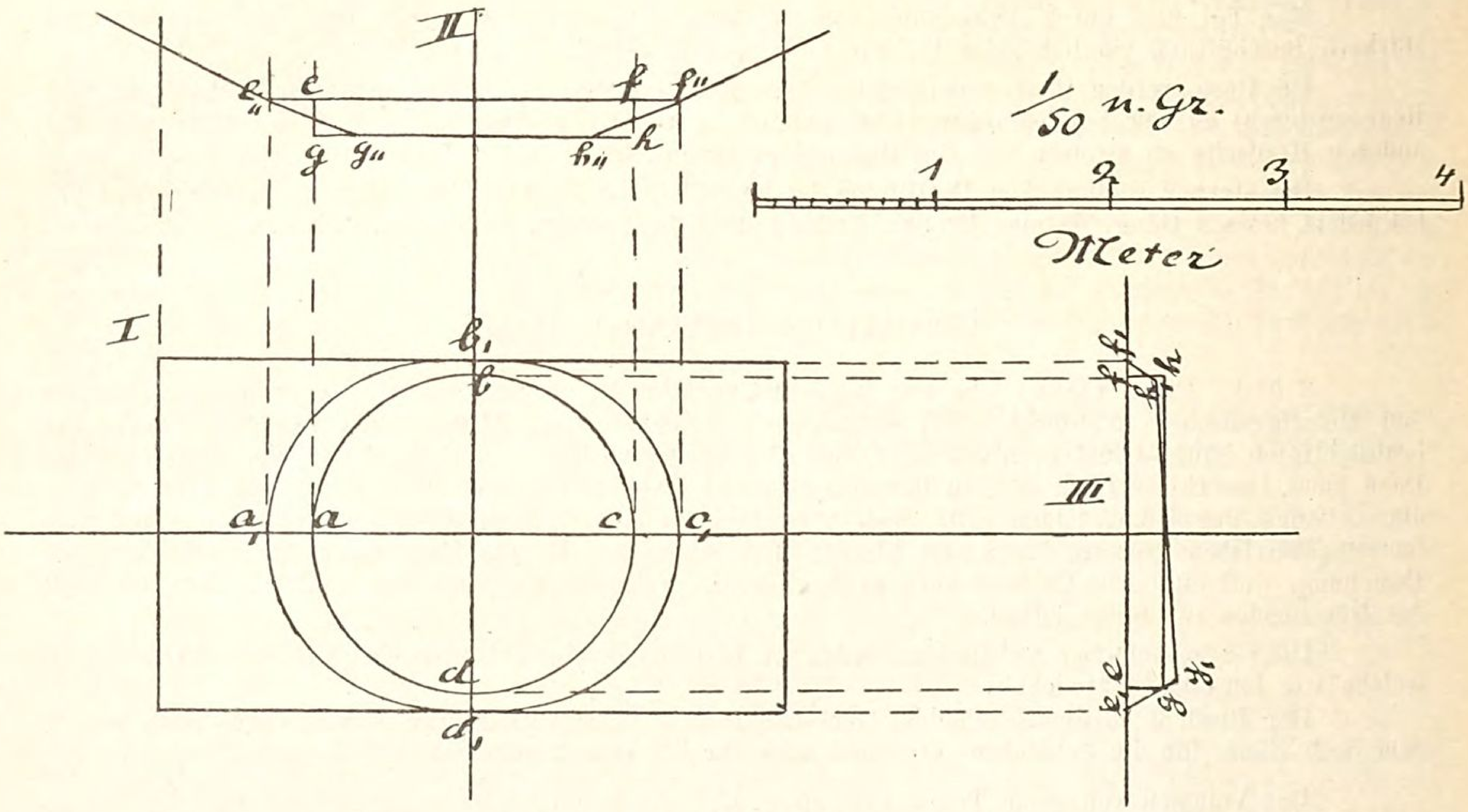
für n Tonnen Einsatz.

§ 521. Man zeichnet sich diese Fläche zunächst als Kreisfläche auf und kann nun danach die Ausmuldung des Herdes beliebig bestimmen.

Nimmt man beispielsweise eine Chargengrösse von 3½ Tonnen = 70 Centnern an, so erhält man ein Chargenvolum (I) von rund 0,5 cbm (genauer 0,49) und bei einer mittleren Tiefe von 0,2 m eine Chargenfläche (II) von 2,5 m. Dieselbe als Kreisfläche gedacht, entspricht ziemlich genau einem Halbmesser von 0,9, also einem Durchmesser von 1,8 m.

Es würde dies der auf Taf. XXVIII erkennbaren Herdbreite von 2 m fast genau gleichkommen, da zur Eingrenzung der Mulde immer noch etwas Herdfläche zuzugeben ist.

Die weitere Behandlung der Aufgabe erhellt aus der nachfolgenden geometrischen Figur, welche Grundriss, Längs- und Querprofil der Herdconstruktion zeigt (1/50 natürlicher Grösse).



Der Kreis $a, b, c, d,$ entspricht dem oben ausgerechneten Durchmesser von 1,8 m, während (bei II und III) die Rechtecke $e, f, g, h,$ die beiden Verticalquerschnitte dieses gleichtiefen Bades darstellen.

Das Erste, was nun vorzunehmen wäre, ist die Abschrägung der Sohle nach dem Stich zu; diese Abschrägung (4—5°) wird durch den Mittelpunkt des Herdes gelegt und der Anschluss dieser schrägen Fläche an den oberen Rand durch eine etwas steilere Böschung vermittelt, deren Profillinien ungefähr durch die Mitte der vertical gedachten Seitenfläche der berechneten Mulde laufen. Daraus entsteht das wirkliche Muldenprofil $e, f, g, h,$ (in der Figur bei III).

Die Profilirung der Mulde in der anderen Axe des Ofens wird mit stärkerer Schrägung vorgenommen und es entsteht das Profil $e_{,,} f_{,,} g_{,,} h_{,,}$ der Fig. II.

Aus beiden so gewonnenen Muldenprofilen lässt sich der Umriss des Muldenrandes $a, b, c, d,$ in der Grundrissskizze I als eine Art Ellipse zeichnen, welche Figur bereits eine Vergrösserung des Herddurchmessers um ca. 0,20 m nach der Axe des Abstichs, um ca. 0,6 m nach der anderen Axe ergibt, der nunmehr als Längenaxe sich charakterisirt.

Da man aus praktischen Gründen den Ofen nicht gern breiter als 2 m macht, weil sonst das Manipuliren von den Thüren aus zu sehr erschwert wird, verlängert man das Muldenprofil durch zwei etwas ansteigende schräge Herdflächen, welche mit Vorwärmkammern für die Schroteinsätze in Verbindung stehen können, wenn diese Einsätze nicht, wie vielfach geschieht, in besonderen Oefen vorgewärmt werden.

Gibt man diesen als Feuerbrücken zu bezeichnenden Flächen ungefähr dieselbe Länge wie den Längenböschungen der eigentlichen Mulden, so wächst die Ofenlänge sehr bald auf das Anderthalbfache der Breite, ein auch in der Taf. XXVIII vorkommendes Verhältniss beider Dimensionen.

Dasselbe ist indessen durchaus nicht bestimmend für alle Siemensöfen, sondern verändert sich je nach der Art des Betriebes; auch die Beschaffenheit der Flamme ist bestimmend für die Länge der Herde.

§ 522. Die nächste Aufgabe ist die Dimensionirung der Feuerzüge sowohl hinsichtlich des Gases wie der Luft unter Zugrundelegung einer Quantitätsberechnung, welche wiederum auf die Berechnung der im Ganzen erforderlichen Wärmemenge sich stützt.

Wieviel Wärme ist im Ganzen erforderlich, um eine Tonne Martinprodukt in Fluss zu bringen und so weit zu erhitzen, als es die Ziele des Processes verlangen?

Die Beantwortung dieser Frage kann nur durch Benutzung zahlreicher industrieller Gesammtergebnisse herbeigeführt werden, da eine Aufsuchung und Zusammenstellung der einzelnen Wärmeaustauschvorgänge Mangels genauer Messungen nicht möglich ist. Wie man bei der Analyse eines Hochofenbetriebes wohl die einzelnen Reaktionen und Vorgänge, an denen die Bestandtheile der Betriebsmaterialien sowie die der eingeführten atmosphärischen Luft betheiligt sind, in Wärmedarstellung und in Wärmeverbrauch verwandeln kann, niemals aber die Wärmeaufnahme der Construktion selbst, sowie die Leitungs- und Ausstrahlungsverluste mit Sicherheit zu berechnen vermag — ebensowenig kann man die Wärmemengen genau berechnen, welche eine so complicirte Construktion, wie eine Siemensanlage, verschluckt und durch Leitung und Strahlung weitergibt. Für die Ofenconstruktion ist auch nur die Gesammtsumme der producirten Wärme von Wichtigkeit, wie sie sich aus mittleren Betriebsresultaten ableiten lässt.

Um dann für einen beliebigen Einsatz die voraussichtlich erforderliche Wärme bestimmen zu können, ist auf das Verhältniss zurückzugehen, welches zwischen der zum Schmelzen des Einsatzes ausschliesslich erforderlichen Wärmemenge und der obigen Gesammtsumme besteht.

In den „Studien über die Ausnutzung der Oefen in den Hüttenwerken“, welche der Verfasser unter Bearbeitung eines Aufsatzes von Gruner in Dingler's Journal 1876, Band 220, S. 247 u. ff. hatte erscheinen lassen, findet sich dieses Verhältniss für die verschiedenste Benutzung verschiedener Ofenarten ermittelt und zur vergleichenden Darstellung des Güteverhältnisses, des Nutzeffekts der Feuerungsanlagen benutzt.

Man sieht daraus, dass manche Oefen bis vierzigmal soviel Brennstoff verbrauchen, als die herbeizuführende Veränderung des Einsatzes an sich erfordert, und dass die Effekte der Siemensöfen sich zwischen 3,5 und 20/₀₀ bewegen.

Diese Bewerthung der verschiedenen Apparate hängt naturgemäss von der grösseren oder geringeren Betriebsintensität ab, dem Grade der Anspannung. Grosse Einsätze und möglichst rasch nacheinander sich folgende Schmelzen geben das Maximum der Leistung.

Für die Begründung einer Construktion ist es natürlich vortheilhafter, von mittleren Verhältnissen auszugehen und weder von sehr mässigen noch von sehr guten Resultaten, da man sonst zu reichlich oder zu knapp construiren würde.

Die folgende Ausführung gibt den Gang an, der ungefähr zu befolgen sein dürfte.

§ 523. Das Martinprodukt wie auch der Gussstahl haben nach Gruner's Feststellungen (Annales des Mines 1873, Bd. 4) eine mittlere Wärme von 350 *c* pro Einheit, also etwa die anderthalbfache Wärme des betriebsgemäss geschmolzenen Roheisen (für technische Verwendung geeignet).

Die Martinöfen verbrauchen pro Tonne Einsatz sehr verschiedene Mengen Brennstoff; unter sehr günstigen Verhältnissen rechnet man für Steinkohlen 40/₀₀ der Einsätze, gewöhnlich aber stellt sich der Verbrauch auf 50—70/₀₀, also im Mittel 60/₀₀ (Ledebur, S. 872—873).

Für Braunkohlen sind 140—160/₀₀ angegeben worden (älterer Neuberger Betrieb), während Graz 69/₀₀ bei grösseren Oefen, 88/₀₀ bei kleineren Oefen verbrauchen soll (Ledebur, ebendaselbst).

Für Holz existiren folgende Angaben:

Lesjofors 0,989 cbm oder à 350 Kilo pro Kubikmeter 346/₀₀
Munkfors 0,524—0,628 cbm oder 183—220/₀₀ (Wedding).

Nimmt man hiernach die Mittelzahlen, so ergeben sich nachstehende Wärmemengen:

Steinkohlen	0,60 × 9000 *c*	oder	5400 *c*
Braunkohlen	0,78 × 6750 *c*	„	5265 *c*
Holz.	2,02 × 3100 *c*	„	6262 *c*

für das Schmelzen einer Tonne Martinprodukt, welche Operation **an sich** nur 350 *c* erfordert.

Der relativ geringe Unterschied in der Verwendung von Steinkohlen und Braunkohlen und der grössere Aufwand bei der Verwendung von Holz erklären sich aus Form und Eigenthümlichkeit der Brennstoffe. Das Braunkohlengas zeigt bestimmte Vorzüge gegenüber dem Steinkohlengas; es ist

expansiver, voluminöser und sauerstoffreicher. Das Holzgas ist der Sperrigkeit des Brennstoffes wegen sehr luftreich und daher der Effekt der ganzen Verbrennung nothwendigerweise geringer.

Der Effekt der Siemens-Martinöfen bewegt sich hiernach zwischen

$$\frac{350}{5265} \text{ und } \frac{350}{6262} \text{ d. h. } 6{,}6 \text{ und } 5{,}6/_{00}.$$

Da in den angegebenen Verbrauchswerthen auch nebensächliche, auf ein Drittel des Ganzen zu veranschlagende Brennstoffverwendungen sich befinden, welche wohl die Kosten der Waare, nicht aber den Betrieb des Ofens berühren, so dürften die Grenzwerthe des Nutzeffekts sein: $1{,}5 \times 6{,}6$ und $1{,}5 \times 5{,}6$ oder 9,9 und $8{,}8/_{00}$, im Mittel $9{,}35/_{00}$, welcher Werth sich besser nach unten abrunden, also auf $9/_{00}$ zurückführen lässt.

§ 524. Die Tonne Martinprodukt erfordert nach vorstehender Ableitung mithin $\frac{350 \times 100}{9}$ oder 3889 *c*, welche durchschnittlich durch

$$\frac{3889}{9000} \text{ oder 432 Kilo Steinkohlen (Backkohlen*)},$$

$$\frac{3889}{6750} \text{ oder 576 Kilo Braunkohlen (muschlige)},$$

$$\frac{3889}{3100} \text{ oder 1255 Kilo Holz (lufttrocken)}.$$

Die vorgenannten Brennstoffe vergasen nunmehr in entsprechend construirten Generatoren, welche, wie später erörtert werden soll, in ihren gegenseitigen Raumverhältnissen sich wie die aus obigen Gewichten hervorgehenden Volumina der Brennstoffe verhalten.

Die Gase aus den Brennstoffen gelangen durch die Gasleitungen, Ventilsitze etc. nach den Regeneratoren und von da aus in die Oefen, wo sie mit der gleichfalls vorgewärmten Luft verbrennen. Die Leitungen, Regeneratoren und weiteren Zuführungskanäle sind daher unter Voraussetzung einer nicht zu grossen Geschwindigkeit nach dem sich ergebenden Gasvolum zu berechnen.

Die folgende Rechnung ist für Steinkohlengase ausgeführt, da solche wohl am häufigsten vorkommen dürften.

Für nordwestdeutsche, speciell für niederrheinische und westfälische Verhältnisse kann man nach Untersuchungen von Stöckmann, die in einer besonderen Broschüre erschienen sind, annehmen, dass die Steinkohlengase der Martinanlagen rund

CO	$20/_{00}$
CO^2	$7/_{00}$
H	$6/_{00}$
H_4C (H_2C)	$2/_{00}$
H_2O	$4/_{00}$
N	$61/_{00}$

dem Volumen nach enthalten.

Es ist verschiedentlich darauf aufmerksam gemacht worden, dass man bessere Generatorgase machen könne, in denen z. B. bis $25/_{00}$ CO auftreten; für einen Voranschlag ist es vollkommen genügend, wenn diese zu Grunde gelegten Untersuchungsresultate thatsächlich von einem Martinbetrieb stammen.

§ 525. Die erste Operation, welche vorzunehmen ist, betrifft die Bestimmung der pro Tonne Flussstahl erfolgten Gasmenge.

Die Umrechnung der volumetrischen Gasanalyse zu Gewichtsmengen geschieht unter Beziehung auf den Kubikmeter Gas.

Der Kubikmeter Gas enthält

0,20 cbm	CO	$= 0{,}20 \times 1{,}3 \times 0{,}941$	$= 0{,}245$ Kilo,
0,07 „	CO^2	$= 0{,}07 \times 1{,}3 \times 1{,}529$	$= 0{,}139$ „
0,06 „	H	$= 0{,}06 \times 1{,}3 \times 0{,}069$	$= 0{,}005$ „
0,02 „	H_4C	$= 0{,}02 \times 1{,}3 \times 0{,}559$	$= 0{,}015$ „
0,04 „	H_2O	$= 0{,}04 \times 1{,}3 \times 0{,}623$	$= 0{,}032$ „
0,61 „	N	$= 0{,}61 \times 1{,}3 \times 0{,}976$	$= 0{,}774$ „
		Zusammen:	1,210 Kilo.

*) Es sind die Effekte der Backkohlen als mittlerer Ausdruck der Leistungsfähigkeit der Steinkohlen gewählt worden, obwohl backende Kohlen an sich vom Gebrauch in Generatoren ausgeschlossen sind, da sie den freien und allmäligen Niedergang behindern.

Das Gewicht des Kubikmeters Gas von der genannten Zusammensetzung beträgt sonach bei 0^0 und 0,76 m Druck 1,210 Kilo.

Der Kohlenstoffgehalt eines Kubikmeters ist nach obiger Voraussetzung

im Kohlenoxyd	$= \frac{3}{7} \times 0{,}245 =$	0,105 Kilo,
in der Kohlensäure	$= \frac{3}{11} \times 0{,}139 =$	0,038 „
im Kohlenwasserstoff	$= \frac{3}{5} \times 0{,}015 =$	0,009 „
	Zusammen:	0,152 Kilo.

Da die zu der Vergasung benutzten Kohlen mit ca. $85/_{00}$ mittlerem Kohlenstoffgehalt (auf reine Kohlensubstanz bezogen) der Regel nach keine aufbereiteten oder sonst gereinigten Sorten sind, so wird man nicht fehlgreifen, wenn man in denselben $20/_{00}$ fremde, d. h. nicht kohlenstoffhaltige Substanzen annimmt. Die rohe Generatorkohle, von welcher nach Früherem 432 Kilo pro Tonne Stahl oder Flusseisen (ohne Einreihung der Nebenkohlen) erforderlich sind, würde demgemäss einen Kohlenstoffgehalt von nicht mehr als $0{,}80 \times 85$ oder $68/_{00}$ vergasen.

Danach sind in den 432 Kilo pro Tonne $0{,}68 \times 432$ oder 293,76 Kilo Kohlenstoff enthalten, welche sämmtlich in den Generatorgasen sich finden müssen.

Vergleicht man diese Zahl und die Kohlenstoffmenge im Kubikmeter Generatorgas, so ersieht man leicht, dass pro Tonne Martinprodukt $\frac{293{,}76}{0{,}152}$ oder 1933 Kubikmeter Gas von 0^0 und 0,76 m Pressung erforderlich sind.

§ 526. Dieses Gasvolum wird naturgemäss ein anderes, sobald man die im Ofen herrschenden Temperaturen berücksichtigt.

Eine Bestimmung derselben existirt allerdings noch nicht, doch kann man vorläufig sich damit begnügen, die von Pouillet ausgeführte Temperaturbestimmung für die blendende Weissgluth zu Grunde zu legen, um so mehr, als dieselbe mit der Schmelztemperatur des Schmiedeeisens zusammenfällt, wie sie von demselben Forscher gefunden wurde (1600^0). H. Ste. Claire Deville ist bei seinen wiederholten Messungen, betreffend die Temperatur zum Schmelzen und Giessen des Platins, im Wesentlichen auf die gleichen Zahlen gekommen. Das Ofeninnere wird mithin mindestens diese Temperatur haben müssen, wogegen die eintretenden Gase wie auch die zugeführte Verbrennungsluft eine solche Temperatur nicht zu haben brauchen, da zu der aus den Regeneratoren mitgebrachten Wärme die durch Verbrennung producirte hinzutritt.

Krans (le four à gaz, 1869) ermittelte durch Rechnung eine Temperatur von 1367^0 für das aus dem Regenerator tretende Gas, von 1172^0 für die zugehörige Verbrennungsluft.

Vicaire in seiner Bearbeitung des Lundin'schen Ofens (auszüglich mitgetheilt von Dürre, Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1869, S. 187) nimmt 1200^0, gleich der Roheisenschmelzhitze, als Temperatur-Resultat des Regeneratordurchganges an, eine Ziffer, welche dem Mittel aus den Krans'schen Zahlen sich nähert und daher als gültig wohl anzusehen ist.

Es ist dies immerhin erst hellorangefarbene Glühhitze und daher noch keine übertriebene Annahme und in der Praxis durchaus erreichbar.

Nach Früherem durchziehen pro Tonne Inhalt des Ofens 1933 Kubikmeter Gas von 0^0 den Apparat und brauchen hierzu, da eine Tonne rund $2^1/_3$ Stunden oder 140 Minuten (unter Voranname einer Einsatzgrösse von 3—4 Tonnen sowie einer Chargendauer von 8 Stunden) Zeit beansprucht, die Zeit von 140×60 oder 8400 Secunden.

Pro Secunde zieht daher $\frac{1933}{8400}$ oder 0,23 Kubikmeter Gas von 0^0 durch den Ofen, folglich auch durch die Zutrittskanäle.

Bei den weiter angenommenen 1200^0 ergibt sich eine Volumvergrösserung von $(0{,}00367 \times 1200)$ 0,23 oder 1,01292, so dass ein Gesammtvolum von 1,24292 Kubikmeter 1200^0 heissen Gases pro Secunde durch die Kanäle in den Ofen tritt.

Als geeignete Durchgangsgeschwindigkeit kann man nicht mehr als 10 m, nicht weniger als 5 m ansetzen, so dass sich der summarische Querschnitt der Kanäle in den Grenzen $\frac{1{,}24292}{10}$ bis $\frac{1{,}24292}{5}$ bewegen dürfte, d. h. zwischen 0,14292 und 0,24858 qm, welche sich nach der Anordnung auf Taf. XXVIII auf zwei gleichgrosse Kanäle vertheilen, aber erst nach Bestimmung der Luftkanalquerschnitte genau dimensionirt werden können.

§ 527. Die Berechnung der erforderlichen Verbrennungsluft lässt sich wie folgt ausführen: Es verbrennen im Kubikmeter Gas (von 0^0 und 0,76 m Druck)

0,245 Kilo CO zu Kohlensäure,
0,005 „ H zu Wasserdampf,
0,015 „ H_4C zu Wasserdampf und Kohlensäure,

indem sie an Wärme entwickeln:

0,245 Kilo Kohlenoxyd . . .	0,245 × 2403	= 589
0,005 „ Wasserstoff . . .	0,005 × 29161	= 145
0,015 „ Kohlenwasserstoff .	0,015 × 13063	= 196
	Zusammen:	930 c,

welche sich auf die Verbrennungsprodukte vertheilen und denselben eine gewisse Temperatur geben.

An Verbrennungsprodukten bilden sich

1. aus der Verbrennung von 0,245 Kilo Kohlenoxyd:
 $^{11}/_7$ × 0,245 Kilo oder 0,385 Kilo Kohlensäure;
2. aus der Verbrennung von 0,005 Kilo Wasserstoff:
 9 × 0,005 Kilo oder 0,045 Kilo Wasserdampf;
3. aus der Verbrennung von 0,015 Kilo Kohlenwasserstoff:
 a) 9 × $^2/_5$ × 0,015 Kilo oder 0,054 Kilo Wasserdampf,
 b) $^{11}/_3$ × $^3/_5$ × 0,015 Kilo oder 0,033 Kilo Kohlensäure.

Diese Verbrennungserscheinungen vollziehen sich unter der Aufnahme bestimmter Mengen Luftsauerstoffs, welche sich wie folgt berechnen:

1.	verlangt	$^4/_7$ × 0,245	oder auch	0,385	−0,245	oder	0,14 Kilo O,
2.	„	8 × 0,005	„ „	0,045	−0,005	„	0,04 „ „
3. a)	„	8 × $^2/_3$ × 0,015	„ „	0,054	−$^2/_5$0,015	„	0,048 „ „
3. b)	„	$^8/_3$ × $^3/_5$ × 0,015	„ „	0,033	−$^3/_5$0,015	„	0,024 „ „
						Zusammen:	0,252 Kilo O.

Dieser Sauerstoffmenge von im Ganzen 0,252 Kilo entspricht eine zuzuführende, ebenfalls in den Verbrennungsprodukten enthaltene Stickstoffmenge von 3,33 × 0,252 = 0,839 Kilo, welche zu den im Gas vorhandenen 0,774 „ treten, so dass in den Verbrennungsprodukten 1,613 Kilo Stickstoff sind.

Der Kubikmeter Generatorgas gibt mithin unter Inanspruchnahme der knapp nothwendigen Luftmenge ein Gemisch verbrannter Gase von nachstehender Gewichtszusammensetzung:

0,385 × 0,033 = 0,418 Kilo CO^2,
0,045 × 0,054 = 0,099 „ H_2O in Dampfform,
0,839 × 0,774 = 1,613 „ N

und eine Wärmecapacität von

0,418 × 0,2164 = 0,0904552
0,099 × 0,4750 = 0,0470250
1,613 × 0,2440 = 0,393572
Zusammen: 0,5310522

Die theoretische, alle Verluste während des Verlaufs der Verbrennung ausschliessende Temperatur der Verbrennungsprodukte würde hiernach sein:

$$\frac{\text{Entwickelte Wärme}}{\text{Wärmecapacität}} = \frac{930}{0{,}5310522} \text{ oder rund } 1750^0,$$

eine Temperatur, welche indessen wie alle derartigen Resultate als ein Maximum anzusehen ist.

Der Vergleich mit dem Rechnungsergebniss für die in einem Winderhitzer verbrennenden Hochofengase (vgl. Bd. I, S. 335, § 791), wo über 1700^0 bei einem Gemisch von

30 CO, 15 CO^2, 65 N (Gewichtsprocente)

herauskommen, beweist indessen die theoretische Richtigkeit vorstehender Rechnung.

§ 528. Die im Vorigen ausgeführte Luftrechnung ergibt an knapp erforderlicher Luftmenge pro Kubikmeter Gas

0,252 Kilo Sauerstoff,
0,839 „ Stickstoff,
also zusammen: 1,091 Kilo Luft.

Diese Menge repräsentirt ein Minimum, und bereits Krans gibt bei seinen verschiedenen Bestimmungen die Nothwendigkeit zu erkennen, ein gewisses Plus an Luft zuzuführen, welches auf 20/₀₀ der rechnungsmässig nothwendigen Menge bestimmt ist (Krans, a. a. O., S. 41).

Die obige Gewichtsmenge verwandelt sich alsdann in die folgende:

$$1{,}2 \times 1{,}091 \text{ oder } 1{,}3092 \text{ Kilo,}$$

welche nahezu einem Kubikmeter gleichkommt, so dass

einem Kubikmeter Gas auch

ein Kubikmeter Luft entspricht (vgl. Krans, Anmerkung auf S. 41).

Es würden daher, gleiche Eintrittstemperaturen sowie gleiche Zutrittsgeschwindigkeiten (5—10 m pro Secunde) vorausgesetzt, die Querschnitte der Luftkanäle denen der Gaskanäle gleich sein können, was sich auch aus der Betrachtung älterer Oefen ergibt, z. B. Taf. XXVI, wo jederseits Gas und Luft in je einem absolut gleichen Kanal in den Ofen treten.

Dieses einfache Verhältniss ist aber mit steigender Erfahrung geändert worden, da sich ergab, dass die Dimensionirung der Luft- und Gaseintritte nicht mehr von dem ursprünglichen Volumverhältniss beider Verbrennungsbestandtheile, sondern auch von dem Verhältniss in der Regeneration abhängig sein muss, wie sie in den Kammern für Luft und Gas verläuft.

Dass dieses Verhältniss willkürlich gestaltet werden kann, dass man den als Träger der Abhitze anzusehenden Gasstrom verschieden zwischen Gas- und Luftkammer theilen kann, ist ohne Weiteres einleuchtend, und da dieselben Kanäle auf beiden Seiten des Herdes abwechselnd zur Einführung von Gas und Luft und zur Abführung der Ueber- oder Abhitze dienen müssen, so ist ihre ursprüngliche Dimensionirung, d. h. die Beibehaltung gleicher Querschnitte durch die Rücksicht auf die Vertheilung der Regeneration zwischen Luft- und Gaskammer, eine verschiedene. Man kann aber, abgesehen von dieser verschieden möglichen Gestaltung der Regeneration, noch einen anderen Grund für die Veränderung des ursprünglichen Querschnittsverhältnisses 1 : 1 der beiden Zuführungskanäle anführen, der nirgends noch besprochen worden ist.

Es ist das die durchaus verschiedene Vorwärmungsarbeit, welche beide Kammern theoretisch zu leisten haben. Erwägt man, dass die Erwärmung der zu einander gehörigen Gas- und Luftmengen zu einer Temperatur, als welche vorher 1200° angenommen worden sind, bei der Luft von der gewöhnlichen Ortstemperatur, bei dem Gas von der vom Generator, bezw. den Kühlungs- und Condensationsapparaten mitgebrachten Temperatur ausgeht, so ist die verschiedene Leistung augenfällig.

Während die Luft um 1200° — Ortstemperatur erwärmt werden muss, wird das Gas nur um 1200° — Ankunftstemperatur zu erwärmen sein.

§ 529. Die Eintrittstemperatur der Gase in die Regeneratoren unterliegt sehr verschiedenen Annahmen. — Die darüber gemachten Angaben schwanken zwischen 200° und 600°, wobei zu beachten ist, dass erstere Ziffer als ein Minimum angegeben wird (de Boischevalier, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1882, S. 643), während die letztere als ein Maximum für mit Kühlungs- und Condensationsanlagen arbeitende Generatoren gelten kann, dem sich indessen der heutige Betrieb mehr und mehr nähert.

Die Gase treten daher mit 200—600°, also im Mittel 400°, in den betreffenden Regenerator ein, während die Luft mit der Ortstemperatur aufgesaugt wird, z. B. 20°.

Die Gase werden mithin um 1200° — 400° = 800° in ihrer Temperatur gesteigert, während die Luft um 1200° — 20° = 1180° zu erwärmen sein dürfte, immer vorausgesetzt, dass es gelingt, in beiden Bestandtheilen die gleiche Temperatur wirklich hervorzurufen.

Man kann für den hier gesetzten Fall also annehmen, dass, um die Vorwärmung im Luftregenerator vorzunehmen, eine noch dreifach so grosse Leistung verlangt wird, als um die Gasvorwärmung durchzuführen.

Die Wärmeübertragung ist nun in gewissem Maasse auch eine Funktion der Dauer des Contaktes der erhitzenden Flächen und der zu erhitzenden elastischen Flüssigkeiten, also der verminderten Durchgangsgeschwindigkeit — allerdings auch der Vergrösserung der Heizflächen, also des Regenerators.

Beides, die verminderte Geschwindigkeit und die Vergrösserung des Regenerators, begünstigt die räumliche Vergrösserung der Luftzuführungskanäle. Das Verhältniss ihrer Querschnittsgrösse zu der der Gaskanäle würde sich bei der obigen Zutrittstemperatur der Gase von 400° ergeben wie rund 1200 : 800 oder 3 : 2.

Da aber die Abkühlung der Gase sehr vielfach weiter heruntergeht als bis 400° und, wie erwähnt, die Oberflächenverhältnisse des Regenerators mitspielen, so ist das obige Dimensionsverhältniss wohl ein ausreichendes.

In dem Martinofen Taf. XXVIII verhalten sich die Kanalquerschnitte der Luft zu denen des Gases wie

$$(200 + 200 + 350)\,350 : (250 + 250)\,350 \text{ oder wie } 750 : 500;\ 3 : 2,$$

entsprechen also einer Gaseintrittstemperatur von rund 400°.

Der Gleichmässigkeit und Bequemlichkeit der Bauart halber haben diese Kanäle ein und dieselbe Dimension in der Richtung der Längsaxe und sind nach gewählter Anordnung gleichmässig auf die ganze früher ermittelte Ofenbreite so zu vertheilen, dass gleichstarke Zwischenwände bleiben.

Der mittlere Luftkanal ist etwas weiter genommen worden als die Randkanäle für Luft, weil derselbe nach beiden Seiten hin rechts und links für die nebenausströmenden Gasmassen Verbrennungsluft bereitzuhalten hat.

§ 530. Die Regeneration, d. h. die Wiedergewinnung der Abhitze durch Uebertragen derselben auf ein hinlängliches Quantum feuerfester Steine, welches sie wiederum an die eintretenden Bestandtheile des Verbrennungsprocesses, Gas und Luft, abgibt, kann niemals eine vollständige sein, sondern liefert immer noch verschieden warme Rauchgase, je nach Vertheilung der Regeneration auf Gas und Luft.

Diese Vertheilung ging anfänglich ganz davon aus, die zur vollständigen, gegenseitigen Neutralisation, bezw. Verbrennung nothwendigen oder erforderlichen Mengen Feuergas und Luft allein zu berücksichtigen, unter Hinzurechnung eines gewissen Luftüberschusses, den man auf $20/_{00}$ zunächst fixirte, eine Vergrösserung sich vorbehaltend.

Es ist vorher festgestellt worden, dass unter dieser Voraussetzung sich gleiche Volumina für die einander gegenüberstehenden Gas- und Luftmengen ergeben würden, und dass hiernach sowohl Kanalquerschnitte wie Regeneratorenräume für Luft und Gas gleich dimensionirt werden könnten.

Es ist aber weiter darauf hingewiesen worden, dass dies nur bei den ältesten und ersten Construktionen vorkäme, und dass die Regenerationsarbeit für Gas und Luft ungleich sei, also gleiche Apparate nicht genügen würden. Eine stärkere Raumentwickelung des Luftregenerators, die sowohl auf Vergrösserung der wärmeübertragenden Flächen als auch auf einen längeren Aufenthalt der Luft einwirke, sei unbedingt in Erwägung zu nehmen.

Dazu tritt noch die Rücksicht auf die mögliche Ausdehnung der Regeneration, d. h. auf das Verhältniss der in den Regeneratoren verbliebenen zu der in dieselben überhaupt geleiteten Abhitze.

Die Ofengase, welche mit einer bestimmten Temperatur, die von einigen auf 1500^0, für die Martinöfen aber sicher auf 1700^0 angenommen werden kann, austreten, theilen sich in zwei Ströme, die durch beide Regeneratoren ziehen.

Dem Luftregenerator theilt der eine Strom so viel Wärme mit, als erforderlich ist, später die Luft um 1180, rund 1200^0 zu erhitzen, während der Gasregenerator nur $1200 - 400$ oder 800^0 Temperatursteigerung hervorzubringen hat.

Da sich der Gasregenerator bei der Abgabe seiner so erhaltenen Wärme niemals unter 400^0 abkühlen wird, indem die unten eintretenden Gase mit dieser Temperatur die ersten Steinlagen berühren, so ist augenscheinlich, dass die Eintrittstemperatur der Gase die Grenze der Regeneration für den Theil des die Abhitze führenden verbrannten Gasstromes bildet, welcher den Gasregenerator passirt. Der Luftregenerator wird, da die Luft nur mit 20^0 eintritt, weit mehr die Abhitze ausnützen können, wenn auch die Temperatur der abziehenden Gase nie bis 20^0 sinken dürfe.

Man ersieht hieraus, dass die Regeneration oder Aufspeicherung und Wiederverwerthung der Abhitze durchaus keine gleiche ist, und dass je nach dem Spaltungsverhältniss des Feuerstromes zwischen Gas- und Luftkammer ein sehr verschiedenes Regenerationsverhältniss herauskommen kann, welches von ebenso verschiedener theoretischer wie praktischer Bedeutung sein kann.

§ 531. In welchen Grenzen die Regeneration der Abhitze in einem für hohe Temperaturen bestimmten Gasofen sowohl theoretisch als praktisch durchführbar ist, hat bis jetzt nur A. de Boischevalier in einem Vortrag am 5. Juli 1882 als Beitrag zu den Arbeiten der Gascommission des Aachener Bezirksvereins deutscher Ingenieure gezeigt.

Seine Rechnungen beziehen sich allerdings vorwiegend auf das Siemens'sche Regenerativsystem mit vier Regeneratoren und zwei Wechselklappen, können aber auch auf das System der Wiedergewinnung der Hitze mit gleichbleibender Richtung der gasförmigen Ströme Anwendung finden, welches oft unter dem Namen Halbgasfeuerung, Recuperation etc. bezeichnet wird und vorzugsweise an die Namen Boëtius, Bicheroux, Ponsard u. a. sich knüpft (vgl. diesen Band S. 369, § 328).

Die äusserst werthvolle Arbeit beginnt mit der Untersuchung des Falles, in welchem chemisch reine Kohle zu Kohlenoxyd unter Ausschluss aller Kohlensäure vergast wird. Weiter wird angenommen, dass das Generatorgas bis zur Temperatur der äusseren Luft abgekühlt werden kann, dass Luft von der Temperatur der Atmosphäre eingeführt wird, dass beide in ihren Regeneratoren zur Temperatur der vom Ofen abziehenden Gase erwärmt werden, dass die letzteren bis zur äusseren Lufttemperatur abgekühlt werden, und dass endlich der Luftverbrauch auf die theoretisch zur Verbrennung nöthige Menge beschränkt werde.

Nach Ausführung der Rechnungen ergibt sich aus diesen absoluten Voraussetzungen die Thatsache, dass von der durch vollständige Verbrennung des reinen Kohlenstoffes überhaupt erzielbaren

Wärme durch direkte Verbrennung ohne Regeneration sich ca. 80/00 verlieren, welche durch die vorausgesetzte vollkommene Regeneration dem Ofenraum wieder zugeführt werden.

In den Anfangstemperaturen zeigt sich ein gleichstarker Unterschied; für den Fall ohne Regeneration ermittelte de Boischevalier eine Anfangstemperatur von 1879° und für den Fall der Regeneration ergeben sich 3407°, welche allerdings in der Praxis thatsächlich nicht bestehen können, da die Dissociationserscheinungen sich dem widersetzen. Dafür verwandelt sich diese hohe Temperatur in eine entsprechende Verlängerung der heissesten Zone im Ofenraum.

de Boischevalier bezeichnet selbst die gemachten Voraussetzungen als nur theoretisch und abstrakt, da

1. das Gas, noch so sehr abgekühlt, immer mindestens 200° beim Eintritt in den Regenerator habe;
2. zwischen Aufnahme und Abgabe von Wärme in den Regeneratoren immer 200° Temperaturdifferenz bleiben, indem beispielsweise
 a) im Luftregenerator die Luft von 0°—1300° erwärmt wird, während die Feuergase von 1500°—200° sich abgekühlt haben;
 b) im Gasregenerator das Gas von 200° auf 1300° sich erhitzt, während die Feuergase von 1500° auf 400° sich abkühlen, wenn die Wärmecapacitäten beider Ströme einander äquivalent sind;
3. zur vollständigen Verbrennung ca. 20/00 Luftüberschuss erforderlich sind;
4. die abziehenden Gase durch Entweichen aus Oeffnungen des Feuerraumes sowie durch Abkühlung an disponibler regenerirender Wärme ca. 20/00 verlieren, welche allein schon genügen, darzuthun, dass die kalten gasförmigen Produkte den warmen gegenüber im Ueberfluss vorhanden sind;
5. die Gase der Praxis eine andere Zusammensetzung haben.

§ 532. Unter einstweiliger Nichtbeachtung des letzten Einwandes ermittelte de Boischevalier unter Ausgang der übrigen Voraussetzungen, welche ja aus wirklichen Resultaten mancher Betriebe abgeleitet worden, die Grenzen der Regeneration desselben reinen Kohlenstoffgases in zwei verschiedenen Fällen:

1. indem man zunächst dem Luftregenerator das nothwendige Quantum der Verbrennungsprodukte zuführt, dessen Wärme die später durchziehende Luft auf die gewünschte Eintrittstemperatur bringt, den Rest dann dem Gase zuführt;
2. indem man zunächst dem Gasregenerator das nothwendige Quantum der Verbrennungsprodukte zuführt und dann den Rest der Luft abgibt.

Die Rechnungen gehen der Einfachheit wegen von dem auf gleiche Temperatur zurückgeführten Gasvolum aus, welches wieder auf 1 cbm Kohlenoxyd im Gas bezogen ist.

Die Hauptresultate folgen sich wie nachstehend:

Das Gas besteht aus	CO	1,00 cbm		
	N	1,88 „	2,88	
Die Luftmenge zur Verbrennung ist		2,38 cbm		
dazu Ueberschuss 20/00		0,48 „	2,86	
Zusammen:			5,74;	Wärmecapacität 5,74 × 0,31*) = 1,78.
Die Verbrennungsprodukte	CO^2	1,00 cbm		
	N	4,14 „		
	O	0,10 „	5,24;	Wärmecapacität 1 × 0,43 × 4,24 × 0,31 = 1,74 (= 5,24 × 0,33).

Da von den Verbrennungsprodukten nach Früherem 20/00, also im gegebenen Falle 1,05 cbm ausfallen und regenerirend nicht wirken können, so bleibt für den Rest 5,24 —1,05 = 4,19 cbm eine kleinere Wärmecapacität als für das eintretende Gas und Luft zusammen. Es ist daher nicht möglich, eine volle Regeneration beider eintreten zu lassen.

Aus dieser Unmöglichkeit folgt die Erwägung der Frage, ob sowohl Luft als Gas gleichmässig unvollständig zu regeneriren seien, oder ob das eine oder andere vollständig zur Regeneration gebracht und der Rest der disponiblen Wärme alsdann dem anderen zu überlassen sei.

Von vornherein wird hervorgehoben, dass eine hervortretende Rolle hierbei der Luft zuzuweisen sei, weil

1. der kalt eintretenden Luft eine grössere Betheiligung an der Regeneration gebühre als dem wärmeren Gase;
2. durch die Gasregeneratoren mehr Wärme verloren gehe als durch die Luftregeneratoren;
3. durch eine möglichst starke Luftvorwärmung der Impuls der Luft beim Eintritt in den Ofen begünstigt werde.

*) Die Wärmecapacitäten sind pro Kubikmeter für CO, N, O = 0,31, für CO_2 = 0,43 angenommen worden.

§ 533. Bei Voraussetzung des Falles, in welchem dem Luftregenerator das Maximum der Verbrennungsprodukte zugeführt werden soll, operirt der Verfasser wie folgt:

2,86 cbm Luft verlangen, um von 0^0 auf 1300^0 zu kommen, $2,86 \times \frac{0,31}{0,33}$ oder 2,68 cbm Verbrennungsprodukte (von der durchschnittlichen Wärmecapacität 0,33), so dass für die Gaskammer 4,19 —2,68 oder 1,51 cbm verfügbar bleiben.

Die Wärmeumsetzungen sind dann folgende:

2,68 cbm	kühlen von 1500—200^0 ab und geben . . .	1150 cal.,
1,51 „	„ „ 1500—400^0 „ „ „ . . .	548 „
1,05 „	(ohne Wirkung) repräsentiren	520 „
2,68 „	mit 200^0 entweichend geben	177 „
1,51 „	„ 400^0 „ „	199 „
2,88 „	eintretendes Gas mit 200^0 geben	179 „

Wie bei der abstrakten Rechnung (§ 531), gibt nach de Boischevalier 1 cbm CO im Ofen

3007 cal., nachdem bei seiner Bildung
1327 „ freigeworden sind,

im Ganzen also: 4334 cal.

Wendet man denselben Rechnungsmodus für den zweiten vorauszusetzenden Fall an, in welchem man dem Gasregenerator das theoretische Maximum der Verbrennungsprodukte zuführt, so erhält man von dem disponiblen Quantum verbrannter Gase

2,71 cbm für die Gaskammer,
1,48 „ „ „ Luftkammer

oder 4,19 cbm wie oben.

Verfährt man weiter, so ergibt sich schliesslich folgende Zusammensetzung:

		Calorien	Procente		Calorien	Procente
Durch Luft zurückgeführte Wärme . .		1150	26,5		634	14,6
„ Gas „ „ . .		548	12,7		984	22,7
Berechnete Verluste: Gasabkühlung	1327		39,3			37,3
	—179 =	1148	26,5	wie neben	1148	26,5
20/00 verbrannter Gase	520			520		
200^0 heisse abziehende Gase	177			98		
400^0 „ „ „	199	896	20,6	358	976	22,5
Rest für sonstige Verluste und Feuerung		592	13,7		592	13,7
Zusammen:		4334	100,0		4334	100,0
Durch Abkühlung der 400^0 heissen abziehenden Gase auf 200^0 sind ev. noch zu gewinnen 50/00 = ...		100	2,3		179	4,1
Temperaturen:						
Lufteintritt	1300^0			713^0		
Gaseintritt	815^0			1300^0		
Fuchs	272^0			330^0		

§ 534. Der Vergleich der beiden Aufstellungen ergibt, dass die gesammte Regeneration zwischen 37,3 und 39,2, also um 1,9/00 der ganzen Heizkraft, bezw. um 3,6/00 des in den Heizraum gelangenden Wärmequantums von 3007 *c* schwankt und zwar zu Gunsten der vorwiegenden Regeneration durch Luft.

Würde man die Regeneration noch ungleicher vertheilen und dieselbe nur in einer Kammer ausführen, so entstünde ein Verlust von

12,7/00 wenn alle Produkte der Verbrennung durch die Luftkammer allein,
14,7/00 wenn dieselben durch die Gaskammer allein zögen.

Ein solcher Betrieb ist undurchführbar, weil die betreffenden Wechselklappen eine ihre Haltbarkeit gefährdende Temperatur erhalten würden.

Der Vergleich lehrt weiter, dass für anthracitische Kohlen oder für Cokes und für stark abgekühltes Gas ohne Bildung von CO^2 gleiche Kammern für Luft und Gas aufgestellt werden, und dass die Ströme der abziehenden Gase auf beide gleichmässig vertheilt sein können.

Es ist indessen anzurathen, keine der beiden im vorigen Paragraph nebeneinander gestellten Grenzen ganz zu erreichen, da das Verhältniss der abziehenden zu den producirten, bezw. zugeführten Gasen kein festbleibendes ist, und da bei versuchter Steigerung die eine Regeneration etwas verlieren würde, was die andere nicht einzuholen vermöchte. Immer ist es aber besser, aus bereits erwähnten Gründen, sich der zuerst aufgestellten Grenze zu nähern und mehr durch die Luftkammer zu regeneriren.

§ 535. Dieses Vorwiegen der Regeneration durch die Luftkammer wird aber eine dringende Nothwendigkeit, wenn man Kohlen mit steigendem Gehalt an Destillaten, besonders Gaskohlen, anwendet.

de Boischevalier benutzte, um dies zu ermitteln, eine von Stegmann (Gasfeuerung und Gasöfen 1881, S. 69) mitgetheilte Gasanalyse, welche mit anderen, ebenfalls zuverlässigen, sowie mit eigenen Analysen übereinstimmt.

Die Analyse sowie die daraus sich weiter ergebenden Volumina an den verschiedenen Luft- und Gasmengen sind wie folgt nebeneinander gestellt:

	Gas	Luft		Verbrennungsprodukte	
CO	22,8	54,3		CO^2	33,8
H_4C	7,4	70,5		H_2O	16,6
H	2,2	2,9		N	184,5
CO_2	3,6	—		O	5,4
O	0,5	—			240,3
N	63,5	—			
	100,00	127,7,	dazu $20/_{00}$		
		25,5			
		153,5	Luftbedarf.		

Die im Gas enthaltene, $0,5/_{00}$ betragende Sauerstoffmenge ist in dem 2,9 betragenden Luftbedarf des Wasserstoffs mit ausgeglichen worden.

Die Wärmecapacitäten berechnen sich wie folgt:

Luft: $153,2 \times 0,31 = 47,49$, also per Volum 0,31;

Gas: $(22,8 \times 2,2 \times 0,5 \times 63,5)\ 0,31 \times 3,6 \times 0,427 \times 7,4 \times 0,425 = 32,28$, also per Volum 0,323,

zusammen: $47,49 + 32,28 = 79,77$;

Verbrennungsprodukte: $33,8 \times 0,427 \times 16,6 \times 0,382 \times 189,9 \times 0,31 = 79,64$, per Volum also 0,331.

Die Wärmecapacität der Verbrennungselemente ist wieder fast genau gleich der Wärmecapacität der Verbrennungsprodukte.

Die Wärmeproduktion berechnet sich aus den gemachten Angaben wie nachstehend:

im Generator: $3,6 \times 4334 \times 22,8 \times 1327 \times 7,4 \times 1156 = 54612$

„ Ofenraum: $22,8 \times 3007 \times 7,4 \times 9365 \times 2,2 \times 3088 = 144684$

Zusammen: 199296

§ 536. Betrachtet man nun die beiden extremen Fälle der Regeneration, Maximalregeneration der Luft und Maximalregeneration des Gases, nachdem man vorher von den 240,3 Volumen Verbrennungsprodukte die mehrerwähnten nichtthätigen $20/_{00}$ abgezogen und den wirklich disponiblen Rest von 192,2 ermittelt hat, so stehen sich bei einer Gasabkühlung bis 200⁰ folgende Verhältnisse gegenüber:

	Maximal-Luftregeneration			Maximal-Gasregeneration		
	Calorien		Procente	Calorien		Procente
Durch Luft zurückgeführte Wärme . .		61737	31,0		40690	20,4
„ Gas „ „ . .		17732	8,9		35541	17,9
			39,9			38,3
Berechnete Verluste: Gasabkühlung	54612 — 6456	48156	24,2	wie neben	48156	24,2
$20/_{00}$ des verbrannten Gases	23880			23880		
200^0 im Luftregenerator	9500			6262		
400^0 im Gasregenerator	6448	38828	20,0	12924	43066	21,6
Bleibt für sonstige Verluste und die Feuerung		31843	15,9		31843	15,9
Zusammen:		199296	100,0		199296	100,0
Durch Abkühlung sind ev. wiederzugewinnen		3224	1,6		6462	3,2
Temperaturen:						
Lufteintritt	1300^0			867^0		
Gaseintritt	750^0			1300^0		
Fuchs	251^0			302^0		

Aus den vorstehenden Zahlen wie auch übrigens aus praktischen Rücksichten, kann gefolgert werden, dass die maximale Luftregeneration bessere Resultate gibt als die maximale Gasregeneration.

In keinem Fall darf mithin der Gasregenerator von einem so starken Strom der Verbrennungsprodukte bespült werden wie der Luftregenerator, und als theoretisch günstigster Fall erscheint derjenige, in welchem mindestens dreimal soviel Verbrennungsprodukte durch die Luftkammer strömen, als die Gaskammer passiren.

Dies wird um so auffälliger, je weniger die Gase vor dem Eintritt in die Regeneratoren abgekühlt werden, was auch beim Vorhandensein eines Heberrohrs zeitweilig eintritt, dagegen aber beständig geschieht, wenn die Heberanlage fehlt.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, dass die Luftkammer an sich grösser sein muss als die Gaskammer; weiter ist aber dafür zu sorgen, dass durch angemessene Einrichtungen die Ausströmung der Feuergase durch den Gasregenerator vermindert werde, ohne die Einströmung zu stören.

Es muss hiernach der abziehende Gasstrom im Luftregenerator sich stärker bilden als im Gasregenerator, was am besten durch entsprechende Aenderung der Kanäle bewirkt werden kann.

Der Durchzug der Feuergase durch die Luftkammer muss ein möglichst freier und ungehinderter sein, weswegen man sich unter solchen Umständen gegen jede Verstopfung der Luftkammerzüge zu wehren und durch Staubfänge etc. dem entgegenzuarbeiten hat.

§ 537. Das bisher Gefolgerte für die Wichtigkeit einer vorherrschenden Luftregeneration wird erheblich verstärkt durch die von de Boischevalier für 500° heisse Gase ausgerechneten theoretischen Verhältnisse.

Diese Temperatur ist stets vorhanden, wenn keine Heberanlage existirt, deren Gedanken der Verfasser als genial bezeichnet, deren Abschaffung, wo es irgend möglich ist, er aber als unermesslichen Vortheil ansieht.

Abgesehen von der Vereinfachung in der Anlage und der Verbilligung, sowie von manchen Betriebserleichterungen, ergibt sich aus den nachstehend wiedergegebenen Rechnungsresultaten noch ein Nettogewinn von $2{,}5/_{00}$ der ganzen Heizkraft, aber von $4{,}5/_{00}$ der im Feuerraum nützlich wirkenden Wärme, trotzdem die Gase theilweise mit 500° in den Kamin treten.*)

	Maximal-Luftregeneration			Maximal-Gasregeneration		
		Calorien	Procente		Calorien	Procente
Durch Luft zurückgeführte Wärme . .		61737	31,0		40690	20,4
„ Gas „ „ . .		12896	6,5		25848	13,0
Berechnete Verluste: Gasabkühlung	54612 —		37,5			33,4
	16140	38472	19,3	wie neben	38472	19,3
$20/_{00}$ des verbrannten Gases	23880			23880		
im Luftregenerator	9500			6262		
„ Gasregenerator	11284	44664	22,4	22617	52759	26,5
Sonstige Verluste und Feuerung .		41527	20,8		41527	20,8
Zusammen:		199296	100,0		199296	100,0
Durch Abkühlung sind ev. wiederzugewinnen		8060	4,0		16155	8,1
Temperaturen:						
Lufteintritt	1300°			857°		
Gaseintritt	900°			1300°		
Fuchs	927°			454°		

Die Wirkung der Regeneration durch das Gas ist, wie man sieht, noch weiter heruntergegangen und legt den Gedanken nahe, die Regeneration durch Gas ganz abzuschaffen, was auch thatsächlich mehrfach geschehen ist.

de Boischevalier schliesst seine Studie mit einer Berechnung der theoretischen Verhältnisse der ausschliesslichen Luftregeneration ab, unter Voraussetzung eines 750° heissen Gases; das Nähere ist aus der Quelle selbst zu ersehen.

§ 538. Nach dem Vorgetragenen erscheint es nicht mehr auffallend, dass den Regeneratoren für die Luft grössere Dimensionen gegeben werden als denen für das Gas.

Siemens selbst hat in einer dem ersten Band der zweiten Auflage von Percy's Metallurgie beigegebenen Tafel das Verhältniss der Volumina für beide auf 2:3 festgesetzt, indem er den Luftregenerator 6 Fuss englisch, den Gasregenerator 4 Fuss englisch breit machte bei gleicher Höhe und Tiefe.

*) Die Ableitung dieser wie aller anderen Zahlen ist in der Quelle nachzusehen, deren Studium sehr empfohlen wird.

Betrachtet man den Vorgang der Regeneration näher und hält man fest, dass die Stromrichtung für Gas und Luft gleichzeitig gewechselt werden muss, so kommt man auf ähnliche Verhältnisse, wie sie de Boischevalier aus der ganz allgemeinen und theoretischen Betrachtung abgeleitet.

Geht man von dem hier zu entwerfenden Ofen aus, welchen pro Tonne 1933 Kubikmeter Gas (auf 0^0 bezogen) durchziehen sollen, denen ebensoviel Luft theoretisch (unter Einrechnung von $20/_{00}$ Ueberschuss) entspricht, und nimmt man wie früher an, dass die Gase um 800^0 in der Temperatur gesteigert werden sollen, die Luft um 1180^0, so werden sich die den Wärmeaustausch vermittelnden Steingitter der Regeneratoren in ihrer Substanz umgekehrt verhalten müssen wie die Temperatursteigerungen der durchzuleitenden Flüssigkeiten.

Die Regeneratoren, mit Gittersteinen ausgesetzte Räume, welche, wie die Darstellungen auf den Tafeln XXVI u. f. zeigen, am Boden wie unter dem Gewölbe freiere Vertheilungs- bezw. Sammelräume haben, werden nur mit dem Theil in Anspruch genommen, der den Versatz enthält, und in welchem man die Hälfte des Raumes als Ziegelmasse annimmt.

Die Masse selbst der feuerfesten Versatz- oder Gittersteine besitzt 1,80—2,5 specifisches Gewicht (ein Stolberger ungebrauchter Gitterstein, $0{,}6 \times 0{,}6 \times 0{,}23$ m gross, wog 2075 Gramm) und hat eine Wärmecapacität von 0,215, auf das Gewicht bezogen.

Die Wärmecapacität des Kubikmeters schwankt hiernach zwischen $1800 \times 0{,}215 = 387$ und $2500 \times 0{,}215 = 537$. Um richtiger zu dimensioniren, ist die kleinere Zahl zur Anwendung zu bringen, weil dadurch grössere Räume sich ergeben, die in jedem Fall bessere Dienste leisten als zu knappe Kammern.

Der Wärmeaustausch berechnet sich so, dass man die Erwärmung des Gases und der Luft der Abkühlung des Regeneratoreninhalts gleichsetzt und daraus den letzteren ermittelt.

Man legt dabei für die elastischen Flüssigkeiten den Kubikmeter zu Grunde und erhält für die Steinmassen Bruchtheile derselben Maasseinheit.

§ 539. Der Kubikmeter Gas von der Wärmecapacität 0,31 erfordert, um eine Temperatursteigerung von 400^0 auf 1200^0 zu erfahren, eine Wärmemenge von $0{,}31 \times 800$ oder 248 *c*. Diese Wärmemenge wird von einem Steinvolum x in Kubikmetern abgegeben, welches dabei von 1500^0 auf 400^0 abkühlt, d. h. um 1100^0*).

Die Gleichung ist dann:

$$x \times 387 \times 1100 = 248 \text{ und}$$

$$x = \frac{248}{387 \times 1100} = 0{,}000597 = \text{rund } 0{,}0006 \text{ Kubikmeter.}$$

Der Kubikmeter Luft erfordert, um eine Temperatursteigerung von 1180^0 zu erfahren, eine Wärmemenge von $0{,}31 \times 1180 = 366$ *c*. Dieselbe wird von einem Steinvolum y abzugeben sein, welches dabei von 1500^0 auf rund 200^0 abkühlen soll.

Die Gleichung ist dann:

$$y \times 387 \times 1300 = 366 \text{ und}$$

$$y = \frac{366}{387 \times 1300} = 0{,}000727 \text{ Kubikmeter.}$$

Bezieht man diese Raummaasse auf die zwischen zwei Klappenwechseln die Regeneratoren passirenden Mengen an elastischen Flüssigkeiten, so erhält man die knapp nothwendige Raummenge an Gittersteinen, also ein Minimum, das auf Grund praktischer Erfahrung gewöhnlich erheblich zu vergrössern ist.

Nimmt man an, dass der Klappenwechsel alle Stunden vor sich gehen soll, so würden pro Tonne dargestellten Produktes ca. zwei Wechsel eintreten, da die Tonne in 140 Minuten gemacht wird. Genauer genommen, sind es $^7/_3$ Wechsel in 140 Minuten, und von den pro Tonne ausgerechneten 1933 Kubikmetern Gas passiren danach $^3/_7 \times 1933$ oder 828,5 Kubikmeter die Regeneratorräume zwischen zwei Wechseln.

Zu ihrer Erwärmung sind mithin mindestens 0,497 oder 0,5 Kubikmeter Mauerwerk erforderlich, während die entsprechende Luftmenge von 828,5 Kubikmeter $0{,}000727 \times 828{,}5$ oder 0,6 Kubikmeter Mauerwerk beansprucht.

§ 540. Der thatsächliche Bedarf an Steinmasse ist aber höher anzuschlagen, weil die Regeneratoren niemals so vollständig abgekühlt werden dürfen, als der Eintrittstemperatur der beiden elastischen Flüssigkeiten im Ganzen entspricht.**)

*) Es ist angemessen, nicht die höchstmögliche Temperatur, sondern eine mittleren Anforderungen etc. entsprechende einzusetzen, also hier die de Boischevalier'sche Ziffer 1500^0, nicht die früher angenommene, im Martinofen sicherlich erreichte Temperatur von 1700^0.

**) Siemens rechnete bereits 1860—70 einen Kubikmeter Steinmasse pro Kammer (Krans, four à gaz, S. 55).

Die untersten Steinschichten dürfen im Luftregenerator nicht bis auf die Temperatur der eintretenden atmosphärischen Luft heruntergebracht werden, und auch im Gasregenerator darf die Aufsaugung der Wärme nicht so weit gehen. Es muss vielmehr ein gewisser Wärmevorrath zurückbleiben, der über das absolute theoretische Bedürfniss hinausgeht, wenn auch hierdurch ein gewisser Theil der Wärmeproduktion nicht vollständig ausgenutzt wird, sondern im Apparat stecken bleibt und seinerseits auch zur Vergrösserung der Strahlungsverluste beiträgt.

Man wird in diesem Bestreben so weit gehen, als es die Rücksicht auf die Erhaltung der Steine irgend gestattet, und es werden in Folge dessen die abziehenden Gase selbst immer noch heisser sein, als die aus den früher festgehaltenen Eintrittstemperaturen von 200 und 400° sich ergebenden Mittel.

Man wird daher sicher gehen, wenn man die theoretisch ausgerechnete Steinmasse erheblich vergrössert und anstatt der oben gefundenen Werthe

$3 \times x$ Kubikmeter pro Kubikmeter Gas für den Gasregenerator und
$3 \times y$ „ „ „ Luft „ „ Luftregenerator setzt.

Wendet man die Sache auf den vorliegenden praktischen Fall an, so stellen die Steinmassen des Gasregenerators

1,500 Kubikmeter, die des Luftregenerators
2,000 „ dar.

§ 541. Die Volumina der Kammern selber hängen naturgemäss von den vorstehenden Ermittelungen bis zu einem gewissen Grade ab.

Früher, als man die Steine sehr dicht in die Regeneratoren einschichtete, nahm man die vollen Theile gleichgross wie die leeren Theile an, und hiernach entsprächen die obigen Zahlen einem Gesammtraum von

3,000 Kubikmeter für den ausgesetzten Theil der Luftkammer,
4,000 „ „ „ „ „ „ Gaskammer.

Aus Gründen der Haltbarkeit baut man aber den Versatz neuerdings loser auf und mit grösseren Zwischenräumen, welche bis zum Doppelten des Steininhalts gehen können. Jedenfalls verschlägt es nichts, wenn man sich den disponiblen Raum vergrössern kann, wie es bei den grösseren Siemensöfen leicht möglich ist, und so zeigt z. B. der Ofen Taf. XXVIII ausgesetzte Kammerräume von bezw.

$1,3 \times 2,5 \times 2,2 = 7,150$ Kubikmeter für die Gaskammer und
$1,9 \times 2,5 \times 2,2 = 10,450$ „ „ „ Luftkammer.

Andere Oefen zeigen ähnliche Verhältnisse. — Der für Braunkohlengas construirte Ofen auf Taf. XXVI zeigt

in den Gasregeneratoren Räume von je $4,75 \times 1,60 \times 1,15 = 8,74$ Kubikmeter,
„ „ Luftregeneratoren „ „ „ $4,75 \times 2,00 \times 1,15 = 10,925$ „

Der Ofen Taf. XXVII, welcher auch mit Braunkohlengas, doch lediglich mit Luftregeneration arbeitet, wird später seiner Construktion nach eingehender betrachtet werden.

Jeder Luftregenerator an demselben misst $4,845 \times 2,20 \times 1,6$ oder 16,05 Kubikmeter, mithin beinahe soviel wie früher die beiden Kammerinhalte zusammen. Da die Wandflächenentwickelung der Kammern durch den Einbau von zwei Zungen etc. ganz bedeutend gegen die am Ofen Taf. XXVI, der ungefähr dieselben Betriebsverhältnisse hat, vorwiegt, so kann man die Abmessung als für die ausschliessliche Luftregeneration genügend ansehen. Genügend umsomehr, als das Gas aus dem geblasenen Generator ein sehr heisses ist.

§ 542. Wenn nach dem Vorstehenden die Dimensionirung der Regeneratoren von einfacheren theoretischen Voraussetzungen nicht abzuleiten ist, sondern von praktischen Erwägungen und Resultaten mit bedingt wird, so gilt dasselbe in gewissem Grade auch von der Gestaltung und Grösse des Ofenraumes, d. h. des über der Herdfläche sich erhebenden Theils der Anlage.

Man bemerkt, wenn man ältere und neuere Ofenconstruktionen für den Martinprocess durchmustert, eine sehr verschiedene Auffassung der Raumverhältnisse des zum Schmelzen der Einsätze bestimmten Theils der ganzen Anlage und eine mit steigender Erfahrung wachsende Neigung zur Vergrösserung des Raumes über dem Herd.

Anfänglich erscheint der eigentliche Schmelzraum im Querschnitt ungefähr gleich der Summe aller Querschnitte der Füchse einer Seite, später wächst die Höhe, aber noch immer macht sich der Eindruck geltend, als wolle man das Gasfeuer auf das Metallbad herunterdrücken und zöge deshalb das Gewölbe über der Mitte des Bades so weit herab, als construktiv möglich.

Es ist von Wichtigkeit, um über die Natur der ganzen Verbrennungserscheinung der auf 1200° vorgewärmten Bestandtheile des Gasfeuers zu einer bestimmten Ansicht zu gelangen, einfach zunächst festzustellen, wieviel Raum die auf eine bestimmte Feuertemperatur ausgedehnten Gase des Verbrennungs-

processes brauchen, um mit gleicher Geschwindigkeit, wie sie das zutretende Gas und die Luft haben, den über dem Herd zu gestaltenden Raum zu durchströmen.

Das einzig Unsichere hierbei ist die nothwendige Voraussetzung einer beliebigen Temperatur der Verbrennungserscheinung.

Man kann dieselbe weder genau berechnen, noch auch genau messen, und kann nur durch den Vergleich der möglichen Rechnungen und der beobachteten Erscheinungen zu einer ungefähren Schlussfolgerung bezüglich des Verlaufs der Verbrennung gelangen.

Die theoretische Verbrennungstemperatur ist für den hier betrachteten Ofen, wie folgt, zu ermitteln.

Es verbrennen:

0,245 Kilo CO zu CO^2,
0,005 „ H „ H_2O,
0,015 „ H_4C „ H_2O und CO^2,

indem sie im Ganzen 930 *c* Wärme entwickeln.

An Verbrennungsprodukten entstehen:

0,418 Kilo CO^2,
0,099 „ H_2O,
1,613 „ N,

wozu noch ein Luftüberschuss von 0,2182 Kilo Luft tritt, der in den Abgängen als erwärmt ebenfalls mitfiguriren muss.

Die Wärmecapacität des absoluten Gasgemisches ist nach Früherem 0,5310522, woraus für die Feuergase ohne den Luftüberschuss 1750⁰ theoretische Verbrennungstemperatur berechnet wurde. Dieselbe ermässigt sich auf

$$\frac{930^0}{0,5310522 \times 0,2182 \times 0,237} = 1595^0,$$

steigt natürlich aber in Folge der regenerativen Wärmezufuhr (repräsentirt durch 1200⁰ Temperatur) auf theoretisch 2795⁰, die der Dissociation wegen nicht erreichbar sind.

§ 543. Will man nun lediglich dem verbrennenden Gasstrom Zugang sowie Abzug mit vollkommen gleicher Geschwindigkeit gestatten, so würde nach den früheren Annahmen und Folgerungen einem Kubikmeter Gas auch ein Kubikmeter Luft entsprechen.

Aus der Verbindung beider geht ein Gemisch von

0,418 Kilo CO^2,
0,099 „ Wasserdampf,
1,613 „ Stickstoff

hervor, welches durch die Bestandtheile von 20/₀₀ Luftplus vergrössert wird. Die letztere macht dem Gewicht nach 0,2 × 1,091 oder 0,2182 Kilo aus = 0,168 Kubikmeter, zu denen in den Verbrennungsgasen noch treten:

$$\frac{0,418}{1,3 \times 1,529} = \frac{0,418}{1,988} = 0,205 \text{ „ } CO^2,$$

$$\frac{0,099}{1,3 \times 0,623} = \frac{0,099}{0,810} = 0,122 \text{ „ } H_2O\text{dampf},$$

$$\frac{1,613}{1,3 \times 0,976} = \frac{1,613}{1,269} = 1,271 \text{ „ } N$$

Zusammen: 1,766 Kubikmeter Gasmenge.

Auf der einen Seite treten mithin 2 Kubikmeter elastische Flüssigkeiten in den Ofen, aus denen durch Verbrennung 1,766 Kubikmeter werden, welche natürlich nur auf 0⁰ bezogen sind.

Da die wirkliche Verbrennungstemperatur nahezu 2000⁰ sein dürfte, so erhält man für das sich ergebende Gasvolum

$$1,766\ (0,00367 \times 2000) \text{ oder } 12,96 \text{ Kubikmeter},$$

während die mit 1200⁰ nach der früheren Annahme einströmenden 2 Kubikmeter Luft und Gas nur 2 (0,00367 × 1200) oder 8,808 Kubikmeter repräsentiren.

Nach Früherem zieht 1,01292 Kubikmeter Gas (von 1200⁰) pro Secunde durch, so dass der Durchzug von 4,404 Kubikmeter Gas gleicher Temperatur rund 4 Secunden dauert. Auch der Abzug der entsprechenden Menge verbrannter Gase geschieht in derselben Zeit, so dass der Ofenraum $\frac{12,96}{4} = 3,24$ Kubikmeter Feuergase von 2000⁰ mit mässiger Geschwindigkeit passiren lassen muss. Rechnet man dieselbe wie früher zwischen 5 und 10 m pro Secunde, so ergeben sich als Minimalquerschnittsgrenze des Heizraumes 0,324—0,648 qm über dem Bade.

Dieses Rechnungsresultat stimmt ziemlich genau mit der Ausrechnung der Kanalquerschnittssummen jeder Seite des Ofens, wo drei Luft- und zwei Gaskanäle vorhanden sind, welche

$$(0{,}200 \times 0{,}200 \times 0{,}350 \times 0{,}250 \times 0{,}250)\ 0{,}350$$

oder zusammen 0,4365 qm Querschnitt aufweisen.

Dagegen muss à priori die gefundene Querschnittsdimension für den Schmelzraum als zu gering bezeichnet werden; ein Vergleich mit dem Ofenraum Taf. XXVIII zeigt gleich, dass über dem 0,2 m tiefen Bade ein Raum von 0,80 m Höhe bleibt, was bei 2 m Ofenbreite $0{,}80 \times 2{,}0 = 1{,}60$ qm oder nahezu das Vierfache des aus den Gas- und Luftmengen sowie den Produkten berechneten Raumverhältnisses ergibt.

§ 544. Bestimmend für die reichliche Bemessung der Schmelzraumhöhe wie auch der Zuführungen über den aufsteigenden Kanälen ist die allmälig gemachte Erfahrung, dass die Dauer der Gewölbe eine längere ist, sobald das Feuer sich nicht zu sehr an den Innenflächen reibt.

Nachdem man die am raschesten sich zerstörenden Theile des Ofenmauerwerkes zuerst etwas in die Höhe, bezw. Weite gerückt, gelangte man allmälig zu einer durchweg grösseren Höhe für die Herdräume und ihre unmittelbaren Zugänge. Man braucht bloss ältere und neuere Constructionen desselben Werkes zu vergleichen, wie z. B. den Ofen der Taf. XXVI und die Fig. 98, um die erhebliche Erhöhung des Schmelzraumes, die Erweiterung der Zugangskanäle für Luft und Gas, soweit dieselben horizontal laufen, zu constatiren, während die sonstigen Details ziemlich die gleichen geblieben sind.

Noch mehr ist die Steigerung der Weite an den empfindlichsten Stellen der ganzen Ofenconstruktion bei dem Ofen Taf. XXVII zu finden, welcher mit ziemlich heissem, nicht regenerirtem Gas aus einem geblasenen Generator betrieben wird.

Man gelangte, auf diese Weise fortschreitend, zu den Bauverhältnissen, wie sie auf Taf. XXVIII deutlich zum Ausdruck gebracht sind, als im Jahre 1884 Friedrich Siemens die Frage der Erhöhung und Erweiterung des Schmelzraumes in erneuten Fluss brachte durch die Aufstellung eines neuen Princips für die Verbrennungserscheinungen.

Dieses Princip, die freie Flammenentfaltung, stützte sich auf besondere theoretische Anschauungen über das Wesen der Verbrennung gasförmiger Körper und rief eine heftige Polemik hervor.

Siemens nahm an, dass die Flamme an sich ein chemisch und physikalisch sehr aufgeregtes Gasgemisch sei, in welchem die einzelnen Gasatome sich in heftiger Bewegung befänden, wahrscheinlich sich gegenseitig mit blitzartiger Geschwindigkeit umkreisend.

Weiter wurde angenommen, dass feste Körper, mit einem derartig aufgeregten Gasgemisch in direkte Berührung gebracht, durch ihre Flächen eine stark beruhigende Wirkung auf die sich in Bewegung befindlichen Gasmoleküle ausüben müssten. Adhäsion und Attraktion dieser Flächen hindern die Bewegung der Gastheilchen und in Folge davon vermag die Verbrennung nicht weiter fortzuschreiten.

Die Substanz der Flächen muss dadurch auch bedeutend leiden, weil die in heftigster Bewegung befindlichen Gastheilchen blitzartig dagegen schlagen und ihre kinetische Energie in zerstörende Arbeit umsetzen.

In diesem Stadium der Verbrennung wirkt nach Siemens die Flamme durch Strahlung, weil in ihr ausgeschiedene Kohlenstofftheilchen glühen, die nur so lange bestehen können, als die Verbrennung nicht vollendet ist. Nach Vollendung der Verbrennung wirkt die aus klarem Gas (Kohlensäure, Stickstoff und Wasserdampf) bestehende Flamme nur noch durch Berührung, d. h. Wärmeleitung.

Daraus folgert Siemens, dass die Construktion der Verbrennungsräume eine freie Entfaltung der Flamme gestatten müsse, so dass letztere lediglich durch Strahlung zu wirken habe, dass dagegen nach vollendeter Verbrennung die Heizung durch Berührung ohne Schaden für die Vollkommenheit der Verbrennungserscheinung geschehen könne.

Die Erhöhung der Gewölbe im Heizraum sowie die besondere Flammenführung, z. B. die Verlegung der Gas- und Luft-Aus- und Eintritte an eine Seite des Heizraumes, sind nach F. Siemens Mittel, um die Verbrennungserscheinung selbst im Ofen vollständig durchzuführen, und für die Regeneratoren bleibt nur die Flamme der vollendeten Verbrennungserscheinung übrig, welche keinen Rauch mehr zu bilden vermag.

Die Polemik, welche besonders F. Lürmann leitete, als in der Sache maassgebender technischer Referent der „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure" und der Zeitschrift „Stahl und Eisen", und welche unter Anderem auf anderen Dissociationstemperaturen, als sie Siemens angenommen hatte, fusste, hat Erhebliches nicht zu Tage gefördert.

Dagegen liegen privatim Erfahrungen grösserer und im Gasfeuerungsbetrieb mustergültiger Anstalten vor, welche überhaupt die günstige Einwirkung der Heizraumvergrösserung darthun.

Die Erhöhung des Gewölbes hatte eine sofortige Ermässigung des Brennstoffverbrauchs zur Folge, und diese Ermässigung nahm bei einer weiteren Erhöhung noch zu, um schliesslich bei einer bestimmten Grenze stehen zu bleiben.

Details der Gasflammöfen zur Ausführung des Siemens-Martinprocesses.

§ 545. Hat man sich, wie im Vorstehenden ausgeführt worden ist, über die Dimensionen des Ofenraumes im Allgemeinen geeinigt, so handelt es sich nunmehr darum, die baulichen Details durchzuarbeiten.

Der wichtigste Bestandtheil des Ofens ist der Herd, sein Aufbau und seine construktive Verbindung mit den übrigen Ofentheilen.

Der Herd liegt gewöhnlich auf kräftigen Eisen- oder Mauerconstruktionen und besteht aus einer aus Gusseisenplatten zusammengefügten Mulde, welche mit dem gewählten Material, Sand, Schlacken und Erzen, Dolomit etc., ausgeschlagen und nach Erforderniss ausgebessert und vervollständigt werden muss, wie das bei der Besprechung der Processe hervorgehoben wurde.

Aeltere Ausführungen des Martinofens, z. B. die in den Lehrbüchern vielfach noch abgebildeten ersten Ausführungen der Franzosen (cf. Wedding, Schmiedbares Eisen, Fig. 153 und 154, S. 538), bilden die Herdunterlage aus drei Platten, einer mittleren, horizontalen, und zwei geneigten, an die erstere mit Falzen oder glatt sich anschliessenden, hinlänglich dicken Platten, die über die ganze Ofenbreite fortgehen und unten auf den Gewölben der Regeneratoren und auf den Feuerbrücken aufruhen.

Die Belastung der Regeneratorengewölbe ist bei den ältesten, 2—3 Tonnen betragenden Chargen minder bedenklich als bei den nunmehr durchgängig üblichen schweren Chargen von über 5 Tonnen. Ganz unbedenklich erscheint die Belastung bei solchen Anlagen, deren Regeneratoren vor den Oefen liegen, wie der Ofen Taf. XXVI und der Fig. 98.

Auch der Ofen Taf. XXVII mit nur partieller Regeneration gestattet diese einfache Auflagerung, ohne die Kritik herauszufordern.

Fig. 2 der ersterwähnten Tafel lässt erkennen, dass die Enden der die beiden seitlichen Böschungen des Ofenherdes unterstützenden Platten auf geschlossenen vierseitigen Kühlungsbalken mit entsprechend abgeschrägter Oberfläche aufruhen, welche durch die Aussenplatten der Ofenverkleidung hindurchgehen und dadurch die Herdauflagerung zur Hälfte auf die Aussenarmatur übertragen. In Fig. 4 sieht man die Köpfe dieser Kühlungsbalken der Feuerbrücken aus der Armatur rechts und links von den äussersten Thüren hervorragen.

Die Unterlagsplatten des Herdes ruhen aber auch noch auf Pfeilern auf, welche, vier an der Zahl, zum Theil über den Gewölben der aus den Regeneratoren nach den aufsteigenden Zügen führenden, sich zusammenziehenden Kanäle stehen und dieselben belasten.

Die Pfeiler tragen auf der Oberfläche eine glatte gusseiserne Platte, um den Druck der Flanschenköpfe oder umgekanteten Unterlagsplatten aufzufangen und besser zu vertheilen.

Der Raum zwischen Herdunterlage und Gewölbedecken ist nach vorn und hinten offen, um der Luft im Interesse der Erhaltung der Theile jeden Zugang zu gestatten.

Noch ist zu bemerken, dass die Herdunterlagsplatten im Querprofil schräg liegen und darin der Neigung des Herdes zum Abstich hin folgen. Dann ist noch zu bemerken, dass die Platten auf der Unterseite zur besseren Versteifung auch längs gerippt sind, und dass diese Verrippung der Durchbiegung nach der Längsaxe entgegenwirken soll, deshalb auch reichlich angeordnet ist.

Bei den späteren Veränderungen des Ofens durch Umbau, bezw. Erweiterung ist dieselbe Bodenconstruktion beibehalten worden (vgl. Fig. 98).

§ 546. Bei dem Ofen Taf. XXVII, welcher ausschliesslich mit Luftregeneration und heissen Gasen arbeitet, besteht die Unterlage des Herdes aus glatten, einfach mit den Kanten aneinander stossenden Gussplatten; es ruhen dieselben zunächst auf einer grösseren Anzahl (fünf) Eisenbahnschienenstücken, welche an den Beugungsstellen stumpf aneinander stossen und auf Gussplatten aufliegen, die ihrerseits wieder einen niedrigen Mauerwall bedecken, welcher über den beiden Pfeilern des unter dem Ofen befindlichen Mittelgewölbes (Zugang zu den in Fig. 1 offen gelassenen, sonst vermauerten Regeneratorkanälen) aufliegt. Die oberen Enden der Schienenunterzüge sind in der Mauerung der Feuerbrücken eingelassen und werden hier abermals durch eine im Mauerwerk sich befindende Eisenplatte abgefangen. Der rechteckige Kühlbalken hat mit dem Tragen nichts zu thun, dagegen ist der Druck des Herdes in der Feuerbrücke noch nach aussen übertragen worden, indem man unmittelbar unter der Innenfläche der Feuerbrückenwand einen Doppel-T-Träger einlegte, der aussen von den Armaturplatten, bezw. von der Längswand des Ofens getragen wird.

Die ganze Unterlage des Herdes erscheint, im Unterschied zu dem vorher beschriebenen Ofen, sowie auch zu dem Ofen Fig. 98, horizontal im Querprofil, ist also ohne Rücksicht auf die Neigung der Herdfläche zum Abstich hin angeordnet. In welcher Weise der Anschluss der Herdsubstanz an das Baumaterial der Feuerbrücke bewirkt ist, lässt sich aus der Zeichnung nicht erkennen. Die bekannten Ausführungen des Apparates indessen beziehen sich nur auf den saueren Process mit Sandherd und wird da der Anschluss ein unvermittelter sein können.

Auf einem grossen mährischen Eisenwerk benutzt man den Ofen zur Darstellung von Stahlfaçonguss und stellt den Herd mit strengflüssigen Quarzschiefern zu.

§ 547. Bei neueren Oefen hat sich eine etwas andere und kräftigere Unterstützung der Herdfutter allmälig eingeführt, um den ganzen die Regeneratoren einschliessenden Unterbau von dem Gewicht des Herdes wie auch der Einsätze zu entlasten.

Mit der Einführung energischer Betriebe wurde auch die Herdconstruktion eine etwas kräftigere und besonders die Dicke der Herdmasse grösser.

Der Ofen Taf. XXVII zeigt eine solche, auch das Durchbrechen des Herdes möglichst verhindernde Construktion. Sie besteht aus einem starken, von acht gerippten Platten gebildeten Boden und einem darauf gestellten Kasten von Gusseisen.

Die acht Bodenplatten, mit den unterwärts gekehrten Rippen aneinander stossend, ruhen auf Mauerwürfeln, die sich theils über der mittleren Trennungswand der Regeneraturkammern, theils auf der Hinterwand, theils endlich über den Luftkammergewölben erheben.

Die Belastung der letzteren wird sich auf ca. $^{8}/_{15}$ des Ganzen belaufen, ein Verhältniss, das anscheinend üble Folgen nicht gehabt, da die Oefen noch existiren, bezw. betrieben werden, welches man aber im Allgemeinen doch nicht empfehlen kann.

Schienenunterzüge von rechts nach links, wie bei den Wärmeöfen Taf. XXXIV und XXXV, noch besser aber Auflastung des Herdes auf Querträger, welche in der Vorder- und Hinterwand des Ofens metallisch sicher befestigt sind, sind unbedingt vorzuziehen.

Der Kasten, unten etwas enger als oben, unterstützt die ganze Herdmasse einschliesslich ihres Anschlusses an die Feuerbrückenwände, welche, mit den oberen Steinlagen auf den breiten Flansch des Herdkastens sich auflegend, gegen die Herdmasse stossen.

§ 548. Dieser Anschluss des Herdes an die Feuerbrückenwände, hinter denen ja die Gas- und Luftzüge heraufsteigen, ist von grösserer Bedeutung, als das vorgeführte illustrative Material es erkennen lässt.

Der Herd muss sich so anschliessen, dass die Erneuerung desselben in keiner Weise erschwert ist, dass ferner eine vollkommene Dichtigkeit in der Anschlussfuge existirt, und dass endlich auch die Möglichkeit geboten ist, einander angreifende Substanzen in Feuerbrücke und Herdmaterial durch neutrale Zwischenmittel zu trennen, ohne den Anschluss zu stören.

Die bisher betrachteten Apparate lassen meist eine verticale Anschlussfuge erkennen, der Ofen Taf. XXVI eine schräge, der Ofen Taf. XXVII gar keine, indem das Mauerwerk der Feuerbrücke direkt in die Herdmasse überzugehen scheint.

Da eine eiserne, gekühlte Herdumwallung, wie bei den Puddelöfen, der sehr hohen Temperatur der Siemensöfen wegen nicht leicht anwendbar erscheint, lässt man die Feuerbrückenwände hoch emporsteigen und die Herdmasse so weit daran heraufgehen, als das Steigen der Schlacken dies erforderlich macht.

Praktisch erscheint das Ueberkragen der oberen Feuerbrückenschicht über den Herdrand und das nachherige Ausfüllen des Zwischenraums mit der Herdsubstanz selber, bezw. mit einem neutralen Zwischenmittel, im Fall Herdsubstanz und Ofenbaumaterial aufeinander heftig reagiren. So isolirt man neuerdings die basischen (Kalk- und Dolomit-) Herde von dem übrigen Ofenmauerwerk mittelst einer Schicht von Chromeisenstein oder eines anderen geeigneten Metalloxydes.

Die Ausführung wird dem praktischen Ermessen des Einzelnen vorbehalten bleiben müssen, hängt auch viel von der Disposition der Gas- und Luftzüge, der Anzahl und Lage der Thüren, Vorwärmräume etc. ab.

§ 549. Für die Gestaltung des Schmelzraumes ist natürlich auch die Führung der Ueberwölbung von Wichtigkeit, in deren Einrichtung sich eine Reihe von Abänderungen ebenfalls nachweisen lässt. Die ältesten Oefen und auch noch manche der neueren zeigen ein nach der Mitte des Herdes heruntergezogenes Gewölbe, durch dessen Profilirung das Gasfeuer anscheinend auf den Einsatz geführt werden sollte, um eine entsprechend heftigere Wirkung auszuüben.

Die geringe Haltbarkeit solcher Gewölbe und die Wahrnehmung, dass die Verbrennung zu sehr nach den Kammern hin gedrängt würde, dass auch die Wirkung des Gewölbes selbst sich verminderte, führten, wie das der Ofen Taf. XXVI bereits erkennen lässt, zu einer Hebung des Gewölbes über dem Herd, welche bei späterem Umbau, wie aus Fig. 98 ersichtlich ist, noch verstärkt wurde, so dass der Abstand von der Herdsohlenmitte zum Gewölbe von 1 m auf 1,420 m gesteigert wurde. Der Ofen Taf. XXVII zeigt dagegen nur 0,810 m Abstand, entspricht daher den ältesten Anschauungen, hat aber in einem anderen Construktionsumstand eine Abhilfe gegen die Verschiebung des Verbrennungscentrums.

Das Ofengewölbe auf Taf. XXVIII zeigt die niedergezogene Form sehr deutlich; der Abstand ist 0,825 m und erscheint etwas knapp, wenn man die Ofenerweiterung durch die beiden Vorwärmräume

nicht berücksichtigt. Da aber diese nahezu 1 m betragende Erweiterung auf ca. 1,8 m, also mehr wie die Hälfte der 3,5 m langen Sohle, stattfindet, und da es sich um schweres Steinkohlengas handelt, kann man die Construktion wohl gelten lassen.

Der Bau des Gewölbes muss ein so weit gegliederter sein, dass die Zerstörung eines etwa stärker in Anspruch genommenen Theiles nicht nothwendig den Abbruch des Ganzen nach sich zieht.

Am vollkommensten erscheint eine solche Gliederung am Ofen Fig. 98, welche aus der auf Taf. XXVI dargestellten hervorgegangen ist und dreierlei Gewölbtheile zeigt: das Mittelgewölbe von Steinstärke (250 mm), die schwächeren Kappen über den Eintritten von Luft und Gas, endlich zwei einzelne Gurte zwischen Mittelgewölbe und Kappen, das Widerlager der letzteren bildend und von Formatsteinen trapezoïdaler Gestalt gebildet.

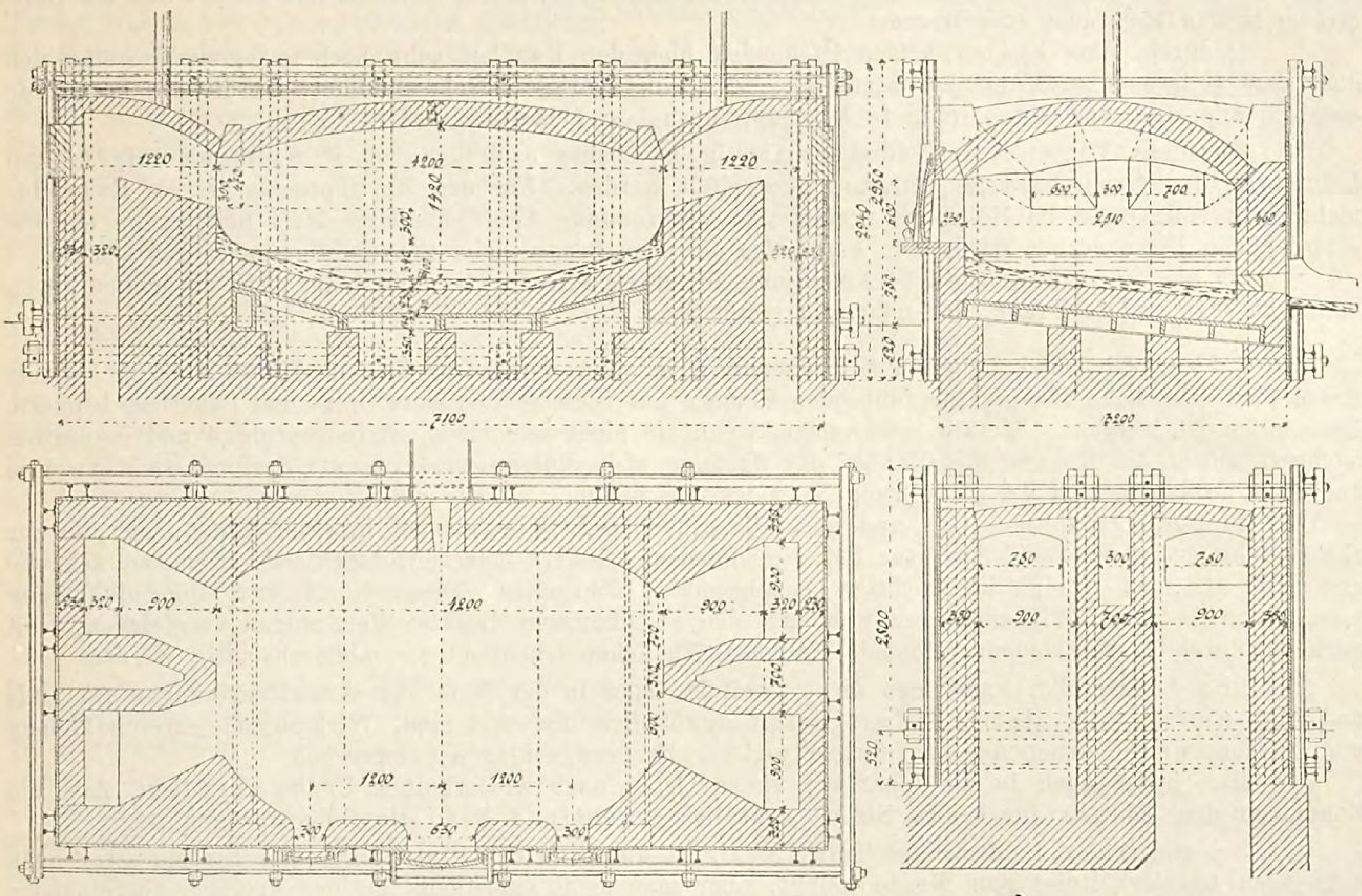


Fig 98

Eine eigenthümliche Führung des Gewölbes zeigt der Ofen Fig. 102a und 102b; er ähnelt älterem Vorbild, und nur an den Einströmungen von Gas und Luft steigt das Gewölbe sack- oder schlauchartig in die Höhe, um die Verbrennung möglichst zu lokalisiren.

§ 550. Diese zuletzt erwähnte Eigenthümlichkeit der Construktion führt zur Betrachtung der Gas- und Lufteinmündungen, d. h. der Feuerzüge, ihrer Anordnung und Dimensionirung. Das bereits § 518, S. 504 über die Anordnung Gesagte und das § 529, S. 511 über die Dimensionirung theoretisch Ermittelte findet in Folgendem Ergänzung, bezw. Vervollständigung.

Der Gasstrom sowie der Luftstrom gelangen, besonders bei schwerer brennbaren Steinkohlen- und Cokesgasen, mehrfach getheilt in den Heizraum; bei leichter brennbaren, expansiveren Gasen, wie die der Braunkohlenbetriebe, gelangen sie, wie die Oefen Taf. XXVI und XXVII sowie die Fig. 98 zeigen, ungetheilt und massig in die Heizkammer hinein.

Bei der Stromtheilung beobachtet man auch noch die Vorsicht, die Ausmündung in verschiedener Höhe geschehen zu lassen, um die Mischung und damit die vollkommene Verbrennung noch mehr zu befördern.

Der Martinofen Taf. XXVIII kann in dieser Hinsicht als Muster angesehen werden, da er das vorgedachte Verhältniss klar zum Ausdruck bringt.

Es führen jederseits drei Luftkanäle, einer in der Mitte, zwei in den Ecken empor und zwischen ihnen zwei Gaskanäle. Die Luftschächte erscheinen, da sie von der Wand auch vornherum, dem Heizraum zu, eingehüllt sind, wie bis nahe zur Decke emporgeführte Kamine, einen nur geringen Zwischenraum (ca. 150 mm) freilassend und dadurch die heisse Luft etwas prall gegen die Decke treibend.

Man kann diese Disposition tadeln, welche den Luftzuzug ebenso zu hemmen im Stande ist, als, alternirend damit, den Einzug der Feuergase, und welche zu einer Schmälerung der Regenerativwirkungen bei der Luft führen kann.

Ueber den Mündungen der zwischen diesen Luftschloten bereits in Feuerbrückenhöhe offenen Gaskanäle ist eine Decke von aufrecht gestellten Steinen angebracht, welche auf einem Vorsprung an der Wand der Luftschlote aufruhen. Diese Decken hindern das rasche Emporsteigen der specifisch leichteren Gasströme und zwingen dieselben, sich umzubiegen, um horizontal und tiefer als die Luftströme in den Heizraum auszutreten.

Dadurch, dass das an beiden Ofenenden über den Kanälen sehr hoch gezogene Gewölbe sich nach dem Heizraum zu scharf heruntersenkt, wird eine schräge Fläche gebildet, an die das brennende Gemisch anprallen und durch innigere Mischung noch besser brennen soll.

Ob diese Voraussetzung durchaus richtig ist, muss nach der von F. Siemens aufgestellten Lehre von der freien Flammenentfaltung bezweifelt werden. Für den Martinprocess ist am Ende eine nicht ganz vollständig im Heizraum verlaufende Verbrennung kein offenbarer Nachtheil, wenn nur die erforderliche Hitze erzielt wird; man kann also die eben besprochene Construktion noch gut heissen.

Ob aber die voraussichtliche Abnutzung der entsprechenden Gewölbetheile nicht zu denken geben kann, ist eine andere Frage, der näher zu treten ist.

§ 551. Die Wirkung einer Stichflamme, d. h. einer durch verschiedene Einwirkung in kleinem Raum eine sehr hohe Temperatur führenden Flamme auf verschiedene beim Ofen- und Feuerbau benutzte Materialien ist bekannt. Metalle verbrennen, wenn sie nicht schmelzen, Steine springen und corrodiren leichter, indem die Kanten und Ränder der Sprünge sich ablösen, dadurch die Sprünge sich erweiten und zum Voranschreiten der Zerstörung Veranlassung bieten.

Treten hocherhitztes Gas und ebenfalls glühende Luft zusammen in einen Raum, der die zur Entzündung erforderliche Temperatur hat, so bilden sich sofort lodernde, leuchtende Flammen aus, die erst nach und nach in eine durchsichtige Gasatmosphäre übergehen. Diese allerersten Flammenbildungen lassen sich in ihrer Wirkung ganz wohl mit den Stichflammen direkter Feuerungen vergleichen, weil auch sie durch ausgeschiedene glühende Kohlenstofftheilchen leuchtend und undurchsichtig werden.

Dies festgestellt, kann man nicht zweifeln, dass in der Nähe der Austrittsöffnungen für Luft und Gas, wie sie beim Siemens-Martinofen gewöhnlich disponirt sind, Wirkungen eintreten können und müssen, welche denen der Stichflamme anderer Feuerungsanlagen entsprechen.

Man findet auch in der That bei vielen Oefen nach wiederholtem Umbau derselben, dass die Zone über dem Eintritt der beiden Ströme erheblich erweitert, d. h. in die Höhe gezogen ist.

Bei anderen, z. B. dem Ofen Taf. XXVII, ist die Zone des Eintrittes beider Ströme zwar auch sehr hoch im Verhältniss zum Herde gelegt, aber man sieht einestheils an den dreifach übereinander gelegten, gekühlten Hohlsteinen der zwischen Luft- und Gaszuführung aufgeführten Wand, anderentheils an der Construktion der Ofendecke über dem Gaseintritt, dass auch hier eine ungewöhnlich starke Wärmeentfaltung constatirt worden sein muss.

Die Decke besteht nämlich aus abnehmbaren, in Eisen gefassten Deckelstücken, deren sich fünf jederseits aneinander legen und zwischen Ofenstirnwand und Mittelgewölbezone einfügen, wie die Deckel eines Tiegelofens (Taf. XXIX und XXX).

Bei dem Ofen der folgenden Textfigur 102a und 102b ist die Erweiterung des Heizraumes in anderer Weise und dadurch bewirkt, dass unmittelbar anschliessend an die Austritte von Gas und Luft das Gewölbe sackartig in die Höhe gezogen ist und erst später sich auf die Mitte des Herdes niedersenkt.

Eine Combination, welche diese auch bei den Winderhitzern neuester Bauart bewährte Raumfülle über den Austrittsstellen enger Kanäle mit einer entsprechenden Erhöhung des Gewölbes im Schmelzraum verbindet, würde voraussichtlich das beste Resultat in Bezug auf die Erhaltung des Ofens wie auch auf die Wärmeproduktion überhaupt geben.

Besonders würde sich eine solche Rücksicht auf die Haltbarkeit des Apparates empfehlen bei der continuirlichen Benutzung eines derartigen Ofens zum Stahlfaçonguss, wo es oft weniger auf die Erzielung einer enorm hohen Temperatur als auf die möglichste Ungestörtheit des Schmelzbetriebes ankommt, der hier ja mit einem anderen, dem Förmerei- und Giessbetrieb, Hand in Hand zu gehen hat.

§ 552. Die Regeneratoren selbst bieten in ihren Details Erhebliches nicht dar; die mehrfach angezogenen Beispiele zeigen übereinstimmend eine gitterartige Anordnung der Steine zwischen zwei Räumen, einem tiefer und am Boden gelegenen Vertheilungsraum für die eintretende elastische

Flüssigkeit und einem unter dem Gewölbe freigelassenen Vereinigungs- oder Sammelraum für die vorgewärmte elastische Flüssigkeit.

Die gewöhnlichen Gittersteindimensionen sind ziemlich unverändert geblieben, wiewohl bei grösseren Kammern sich eine etwas kräftigere Façon empfehlen dürfte, wie man ja auch bei dem Aussetzen der Cowper-Apparate in der Form und Grösse der Versatzsteine weit über das anfängliche Maass hinausgegangen ist.

Der Vertheilungsraum wird in den Regeneratoren durch gemauerte Zungen gebildet, auf denen zunächst Steine von gewöhnlichem Profil, dann Gittersteine zu liegen kommen. Man thut beim Aussetzen gut, die Winkel und die von dem Eintritt am entferntesten liegenden Partieen der Kammern etwas loser zu besetzen als diejenigen Theile, welche von der betreffenden elastischen Flüssigkeit sogleich erreicht werden.

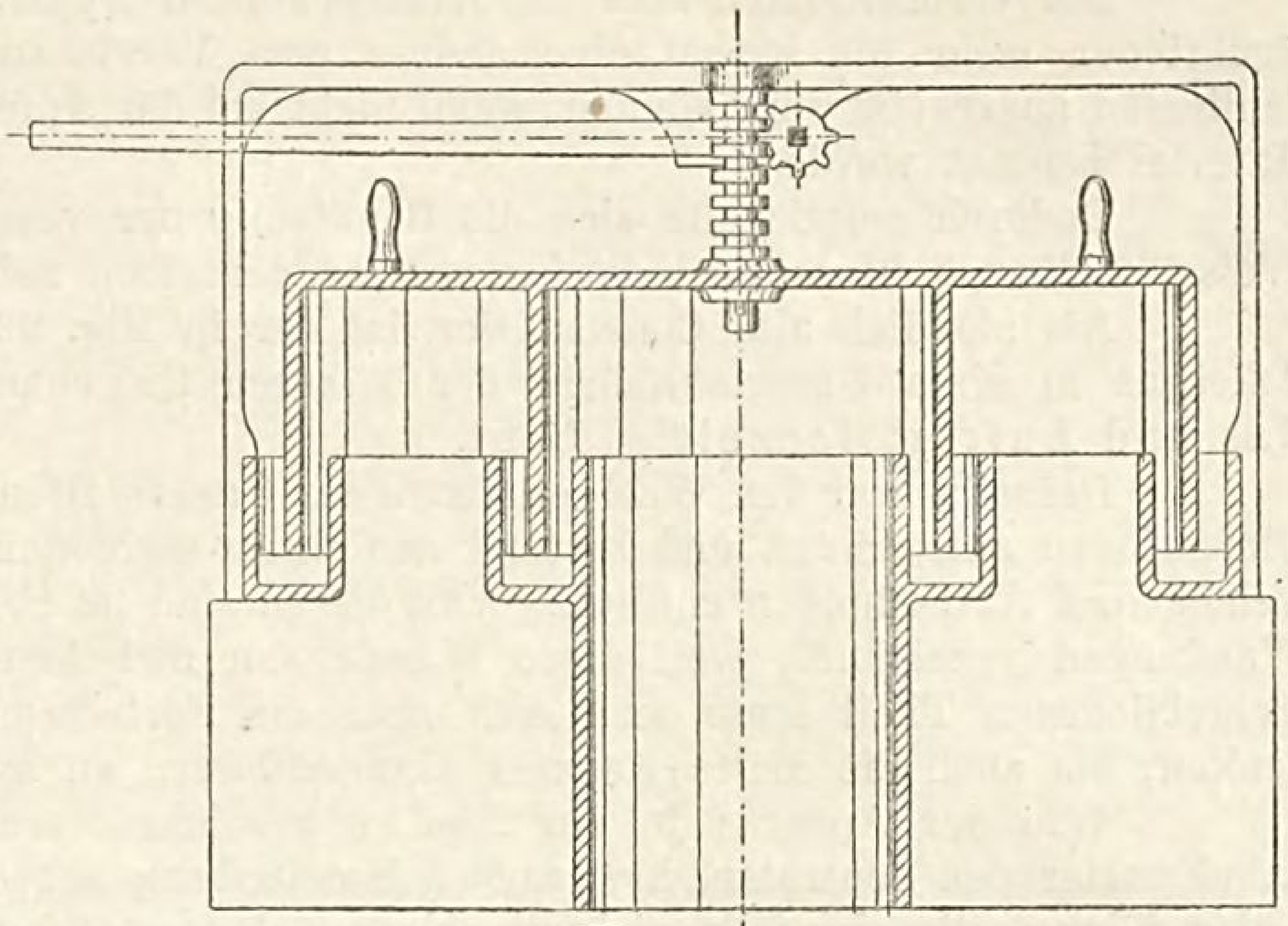
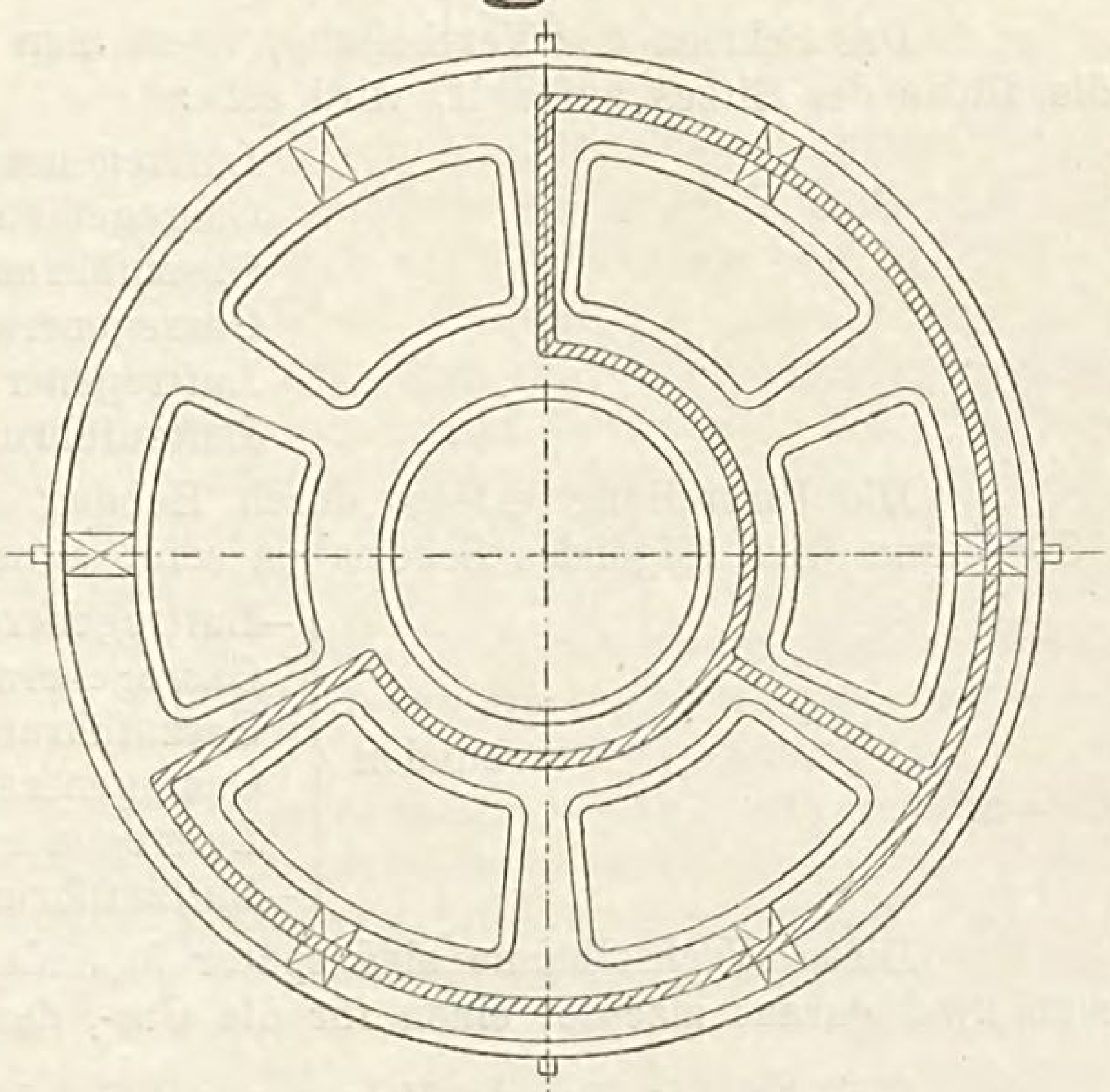


Fig. 99



Dadurch wird dem theoretisch beabsichtigten, gleichmässigen Durchzug vorgearbeitet und jeder einseitigen und dadurch allein schon zu raschen und in ihrer Wirkung ungenügenden Ausnutzung des Regeneratorenversatzes entgegengearbeitet.

Bei langgestreckten, vor dem Ofen liegenden Regeneratoren, wie sie der Ofen Taf. XXVI zeigt, muss der Versatz bis hart an die Gewölbe gehen und oben sogar etwas dichter ausfallen als an der Sohle, da die heissen, bezw. sich erhitzenden Gase gleich bei ihrem Eintritt die Deckenregion aufsuchen und vorzugsweise bestreichen dürften.

Wo, wie am Ofen Taf. XXVII, die Regeneration sich ausschliesslich auf die Luft ausdehnt, kann man die Kammern natürlich grösser machen, als wenn die Regeneration sich auf die beiden Comburenten ausdehnen muss. In dem besonderen hier dargestellten Fall liegen, wie auch bei dem Ofen Taf. XXVI, die Regeneratoren grossentheils **vor** dem Ofen, und man hat eine eigenthümliche Luftzuführung angeordnet, welche der Art der Gaszuführung entspricht. Die letztere steht, weil der Generator, wie früher bereits einmal angedeutet wurde, geblasen wird, unter einem gewissen Druck und würde vom Ofeninnern aus auf den Eintritt der Luft hemmend einwirken, sobald dieselbe nicht mit einem ähnlichen Drucke herangeführt würde. Deshalb haben die Construkteure des Ofens die Verbrennungsluft, da doch einmal ein Gebläse vorhanden ist, ebenfalls dem letzteren entnommen und führen durch ein mässig weites Rohr einen Theil der Luft in einen halb über dem Luftkanal, halb über dem Regenerator befindlichen, deckelartigen Kasten, aus welchem dann dieser gepresste Luftstrom in den Luftkanal und aus demselben bald rechts, bald links nach dem betreffenden Regenerator zieht. Dabei hat es aber nicht sein Bewenden allein, sondern man führt auch noch ein gewisses Quantum Verbrennungsluft durch ein die ganzen übrigen Regeneratoren- und Gaskanalräume überdeckendes System deckelartiger Kasten, das vorwärmend wirkt, zu dem Luftkanal hin, wo es von dem geblasenen Stromtheil angesaugt wird. Im Eingang des Regenerators bemerkt man noch leitende Mauerzungen eingebaut, welche das einseitige Durchströmen verhüten sollen.

§ 553. Einen wichtigen Bestandtheil der Gasfeuerungen mit vollkommener Regeneration bilden die Vertheilungs- oder Wechselventile, von denen verschiedene Construktionen bekannt sind. Es müssen deren naturgemäss zwei vorhanden sein, das eine für das Gas, das andere für die Luft,

beide in der Manipulation ähnlich oder gleich, wenn die Bedingungen, unter denen beide zu funktioniren haben, auch nicht die gleichen sind.

Das Gas kommt, wie aus Früherem deutlich erhellt, mit mehr oder minder hoher Temperatur, jedenfalls Glühhitze, vor das Zulass- und das Vertheilungsventil, während die Luft mit der gewöhnlichen atmosphärischen Temperatur eintritt. Die Gasventile werden daher erheblich stärker angegriffen und besonders äusserlich verändert als die Luftventile.

Aus diesem Grunde benutzte und benutzt man noch jetzt verschiedene Construktionen, welche sich an die Typen der Hähne, der Wechselhähne und der Drosselklappen anschliessen.

Am verbreitetsten sind die letztgenannten Apparate, obschon sie als durchaus metallische Construktionen mehr als irgend eine andere dem Verziehen und Werfen und dadurch dem mangelhaften Schliessen ausgesetzt sein können, wenn nicht bei der Anfertigung ein möglichst gleichbleibendes, stetiges Material benutzt wurde.

Dadurch entwickelte sich die Benutzung der verschiedenen Typen in durchaus ungleichmässiger Weise, und auch heute noch laufen manche derselben nebeneinander her.

Als ziemlich alte Construktion ist der in Fig. 99 reproducirte Wechselhahn anzusehen, der für Cokesgas in einer Gussstahlfabrik der näheren Umgebung von Berlin angewandt worden ist und für Gas und Luft gleichzeitig dient.

Derselbe war den Wechselhähnen der Gasanstalten ziemlich treu, nur unter Einhaltung geringerer Dimensionen ausgebildet, und bestand aus einem sechstheiligen Ventilsitz und einer gekammerten Glocke, welche drei Abtheilungen enthielt. Von diesen sind im Grundriss der Fig. 99 nur zwei mit geschlossenen Wandungen gezeichnet, weil diese Wandungen zwischen die Hälse des Sitzes herabtauchen. An dem freigebliebenen Theil muss man sich noch die Fortsetzungen der äusseren peripherischen Wand hinzudenken, um auch die dritte Kammer eingeschlossen zu haben.

Wie der Apparat in der Fig. 99 gezeichnet erscheint, verbindet die offengebliebene Wechselhahnkammer den centralen, kreisrunden Kaminabzug mit den beiden Regeneratoren, zu welchen die zwei Hälse führen, die ebenfalls nichtumschlossen dargestellt sind.

Denselben gegenüber liegen die beiden Hälse der anderen Regeneratoren, in der gezeichneten Stellung augenblicklich durch die radiale (nach rechts unten gerichtete) Glockenwand getrennt und der eine obere mit der Gasleitung, der andere untere mit der Luftleitung verbunden.

Das Schema der Vertheilung, wenn man von links aus nach oben, dann rechts, dann unten hin die Hälse des Sitzes aufzählt, wird sein:

Luftregenerator I }
Gasregenerator I } verbunden mit dem centralen Kaminabzug,
Gaszuführung }
Gasregenerator II } verbunden,
Luftregenerator II }
Luftzuführung } verbunden.

Die Umstellung erfolgt durch Hebung der Glocke mit Getriebehebel und Drehung um genau 180°; dann wird folgendes Schema da sein, wenn obige Anordnung stehen bleibt:

verbunden {
–Luftregenerator I
Gasregenerator I }
Gaszuführung } verbunden,
Gasregenerator II }
Luftregenerator II } verbunden mit dem centralen Kaminabzug,
–Luftzuführung.

Diese Wechselhähne sind später in anderer Weise und minder complicirt gebaut worden, indem man zwei daraus machte, einen für die Gas-, den anderen für die Luftregeneration.

§ 554. Die Drosselklappenwechsel rühren von Siemens selbst her und wurden bereits Anfangs der 60er Jahre in vielen Giessereien (1863 in Gleiwitz unter der Leitung des Verfassers) hergestellt; gleich in dieser ersten Zeit klagte man über das Werfen derselben.

Dasselbe rührte aber weniger von dem Princip selbst, als von der Art der Anwendung her, welche, soviel erinnerlich, eine andere als jetzt war. Die damaligen Drosselklappen standen aufrecht, wie viele damals in Anwendung befindlich gewesene Gas- und Rauchklappen, in einem eisernen Kanalfutter von kreuzförmigem Querschnitt und ziemlich grosser Dimension.

Der Ofen Taf. XXVI vermag in seiner ganzen Gas- und Luftvertheilung das beste Bild für eine derartige, um eine verticale Axe sich drehende Drosselklappe zu geben.

Wie aus dem Grundriss Fig. 3 und dem Aufriss Fig. 1 ersichtlich, stehen vor und hinter dem Zugang zum Kaminfuchs eiserne Gehäuse mit kreuzförmigem Grundriss und mit vier rechtwinkeligen Ansätzen oder Stutzen, deren Endflanschen in die Wände der nach den Kammern führenden Kanäle

eingreifen und darin sich abdichten. Die Drosselklappe, beiderseits gegen Verwerfen gehörig verrippt, bewegt sich um eine verticale, durch Stopfbüchsen und Fusslager fixirte Axe, deren mittlerer Theil quadratisch in der Nabe der Drosselklappe steckt.

Die Drehung erfolgt von der Hüttensohle aus durch einen auf hinlänglich hoher Hülse geführten Hebel, während unter dem durchbrochenen Belag des ganzen Ventilraumes eine die Festlage der Klappe sichernde Verbindung mit einem Gegengewicht vorhanden ist.

Das Gas gelangt, wie aus Fig. 1 zu sehen ist, von rechts her durch einen gemauerten Kanal zu dem Admissionsventil (Tellerconstruktion) und tritt durch dessen Oeffnung zu dem Drosselklappenkasten, wo es bei der in Fig. 3 gezeichneten Stellung nach rechts abgelenkt und in den entsprechenden Regenerator geführt wird.

Die Luft tritt von links her, einen Admissionsschieber (vertical bewegt) passirend, in den linken Drosselklappenkasten und wird ebenfalls nach rechts und in den inneren der beiden Regeneratoren geführt.

Die zurückkehrenden Gasströme (verbrannt) werden in den Drosselklappenkasten, von links (Fig. 3) ankommend, der eine vor-, der andere zurückgelenkt und vereinigen sich über dem in der Mitte zwischen beiden Drosselklappen befindlichen Kaminabzug.

Bei der bedeutenden Ausdehnung der Drosselklappen dieser Construktion (ca. 1,25 m) hält es schwer, dieselben dauernd vor dem Verwerfen und Verbiegen zu schützen, obschon die Anschläge an den Seiten breit genug sind, jegliche Garantie betreffs der möglichsten Abdichtung zu geben.

Dieser nachtheilige Umstand steigert sich naturgemäss mit der Temperatur der eingeleiteten, bezw. abziehenden Gase bei vollkommener Regeneration. Je heisser der Generator geht, um so heisser verlassen auch die abziehenden Gase die Regeneratoren (vgl. § 537, S. 516), so dass in diesem Fall die nachtheiligen Einwirkungen auf die Klappen sich steigern und denselben durch passende Construktion oder Ausrüstüng zu begegnen ist, theils mittelst Verkleinerung der Anschlussflächen, theils durch Wahl solcher Formen, dass eine Entstellung der ursprünglichen Gestalt in der Hitze irrelevant oder Null wird.

§ 555. Eine Verkleinerung der Anschlussfläche der Drosselklappe, ferner eine kräftigere, besser gekühlte Construktion wird bereits gegeben durch die in den Tafeln XXVIII, XXIX, XXX, XXXIV und XXXV dargestellten neueren Drosselklappen von Siemens, deren Construktionsdetails als ungemein wichtige Elemente des Regenerativofens nochmals in den als Fig. 100 vereinigten Skizzen wiederholt worden sind.

Wie die Ofenzeichnung Taf. XXVIII ergibt, wiederholen sich diese Drosselklappen an jedem Ofen zweimal und stehen auf den gemauerten Kanälen, statt wie bei dem Ofen Taf. XXVI in die Kanäle eingebaut zu liegen. Das Hauptstück, der Drosselklappensitz, ist ein Kreuzrohr mit vollständig geschlossenen Stutzen, von welchen der obere einen Flansch trägt, während die drei anderen glatt sind und theils in den Muffen der Seitenstücke, theils in dem glatten Mauerwerk des Essenkanals (unten) stecken.

Die Drosselklappe, in jeder der beiden Stellungen steiler als 45^0 stehend, ist oval und legt sich genau in dem kreisförmigen Querschnitt des Sitzes an. Sie steckt auf einer viereckigen Spindel, welche runde Zapfen von solcher Dicke hat, dass der vierkantige Theil von aussen her, durch die einfachen Zapfenlageröffnungen durch und in die Nabe des von oben eingeführten Ventils eingesteckt werden kann. Ein paar durchgesteckte Spintkeile oder Schrauben vollenden die Befestigung der Ventilplatte auf der Spindel.

Jederseits schliessen sich an das Drosselklappengehäuse Knierohre von halb kreisförmigem, halb quadratischem Querschnitt an. Auf der ganzen Oberseite, wie auch auf den Verticalseiten schliessen sich diese Kniee mit muffenartigen Fortsätzen an, während sie sich unten auf die Fussplatte des Gehäuses mit einem Flansch auflegen.

Um complicirte Gestaltungen des Uebergangs von der kreisrunden Querschnittsform des Drosselklappensitzes in den halbrunden, halbrechteckigen des Knierohres zu vermeiden, ist die kreisrunde Wand des unteren Theils des Gehäuses so weit herauf in den thorbogenartigen Seitenstutzen geführt, dass die ovale Drosselklappe überall entsprechenden Anschlag für ihre Unterhälfte findet. Dieser Fortsatz ist in der ersten Skizze der Fig. 100 deshalb nicht sichtbar angegeben, weil man die Oberkante dieser Wand abrundet und aussen sacht in die Wand des Kniestutzens überführt, um alle Reibungen zu vermeiden.

Die Knierohre sind abgeflacht und mit Mannlöchern versehen, um den Zustand des Ventils controliren zu können.

Durch angegossene Lappen an den Muffen werden die beiden Kniee gegenseitig befestigt und um den Ventilkasten her durch Zugstangen vollkommen festgezogen, während der untere Anschluss mit cementhaltiger Chamotte auf dem Mauerwerk der Kanäle bewirkt werden kann, deren Verzweigung die Ofenzeichnungen übereinstimmend angeben.

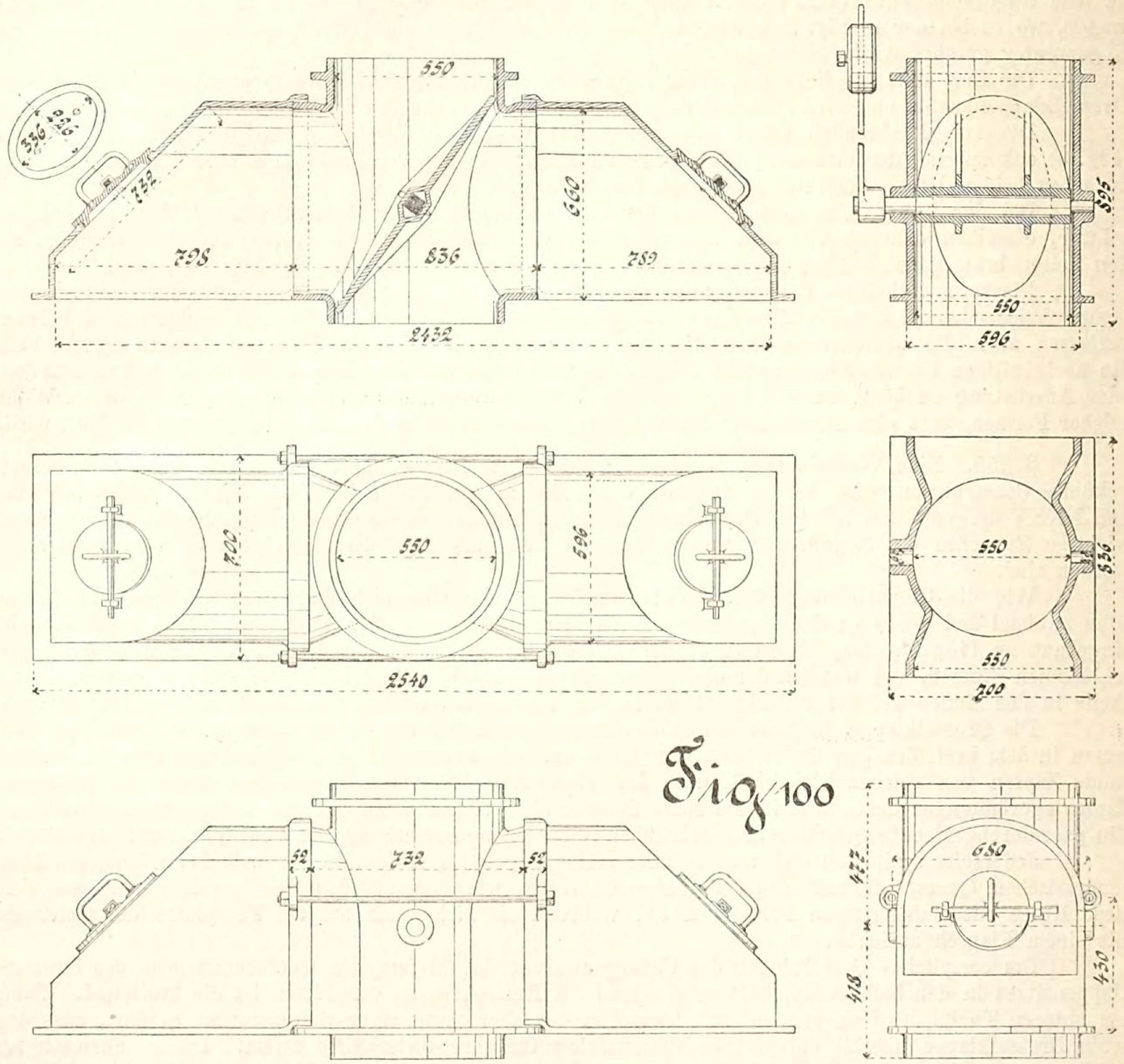
Auf dem Drosselklappenkasten sitzt bei dem zur Gasvertheilung bestimmten der beiden Apparate ein geschlossener Aufsatz mit Stopfbüchse und Tellerventil. Ein Seitenstück desselben vermittelt die Verbindung dieses Kopfes mit dem gemauerten Zuführungskanal.

Für die Luftvertheilungsgehäuse ist ein derartiger Ansatz unnöthig, da die Luft ohne Weiteres aus dem Ventilraum entnommen wird. Das Tellerventil sitzt deshalb direkt auf dem Drosselklappenkasten.

§ 556. Obschon nun diese Construktion ziemlich verbreitet ist, so wird sie doch unzuverlässig, wenn sie andauernd in sehr hoher Temperatur erhalten werden muss.

Sobald also die Eintrittstemperatur des Gases (von der Luft kann hier keine Rede sein) steigt, sobald man z. B. von einer Regeneration beim Gas ganz absieht und sich auf die der Luft beschränkt, sind Wechselhähne oder ähnliche Construktionen vorzuziehen.

Der Ofen Taf. XXVII bietet u. A. eine eigenthümliche Hahnconstruktion, die dem heissen Strom nur feuerfest armirte Wandungen bietet. Jeder Hahnkörper besteht aus einem konischen, von Gusseisen



construirten Gehäuse, welches vier regelmässig vertheilte thorbogenartige Durchbrechungen hat, um die Oeffnungen der Hahnkanäle unterzubringen.

Dieselben sind, wie die Grundrissfigur 3, bei *C* und *E* zeigt, gekrümmt und in der feuerfesten Füllung des Gehäuses so untergebracht, dass ihre Wandungen nirgends mit dem Metall des Gehäuses in Berührung kommen. In jeder der betrieblich wichtigen Stellungen der Hähne berühren die Kanalränder auch nur das Mauerwerk der festen Kanäle vom Generator nach dem Ofen und der Esse.

Nur ausserhalb des Bereichs der passirenden Ströme führt sich das Hahngehäuse mit dem obersten und untersten Rand in Metallflächen, die von eingemauerten Winkeleisen herrühren.

Der Hahnkörper wird oben und unten durch verrippte Deckel geschlossen, in welchen gleichzeitig die eiserne Axe des Hahns eingesteckt und befestigt ist. Diese Axe ist nach oben und nach unten hinreichend verlängert, um die Lagerung anbringen zu können. Unten ruht das Ende derselben auf einem Kugellager mit Entlastungsvorrichtung durch Gegengewicht, um eine grössere Beweglichkeit herzustellen.

Jedem Entweichen von Gas wird bei dem Gashahn *C* noch dadurch vorgebeugt, dass am Boden des Hahnkörpers ein Blechrand befestigt ist, der nach unten hin in einen Wasser- oder Sandverschluss taucht und dadurch alles Lecken verhindert. Wegen der hohen Temperatur dieses Hahns und der hieraus hervorgehenden Unmöglichkeit denselben genau anzuschliessen, muss man in der gedachten Weise sich gegen Verluste sichern.

In dem oberen Stück der Axe oder Spindel ist ein Stück Schraubengewinde mit Stellschraube eingefügt, durch welches die genaue Einstellung, Hebung oder Senkung des Hahnkörpers ohne Drehung desselben erfolgen kann. Die Stellscheibe hat auf der Peripherie eine Reihe viereckiger Oeffnungen, in welche wie an einem Capstan ein Stellhebel eingesteckt und die Drehung der Schraube bewirkt werden kann.

Die Schraube läuft in einer festen Mutter, die in dem oberen Träger des bügelförmigen Steuergewichts eingelassen ist und hebt die auf dem oberen Schraubenrand mit einem vorspringenden Rand aufliegende, sonst frei durch die ganze Schraube durchgehende Spindel, ohne sie zu drehen.

Auf dem vierkantigen Ende der Spindel sitzt, mit ihr drehbar, aber der Länge nach verschiebbar, ein konisches Getriebe, das mittelst eines leichten Gegengewichtes stets gegen ein noch kleineres, an der horizontalen Steuerwelle befestigtes konisches Getriebe angedrückt wird und mithin trotz kleiner Hebungen und Senkungen des Hahns eine Transmission stets aufrecht erhält. Die ganze Construktion ist bemerkenswerth durch die Grösse der Hahnkörper, welche oben 1,70 m, unten 1,40 m Durchmesser haben.

§ 557. Eine einfache Wechselconstruktion mit gekammerten, drehbaren Glocken ist neuerdings vielfach als Concurrentin der eigentlichen Drosselklappen aufgetreten. Die Skizze Fig. 101 gibt eine Darstellung von der Disposition und Einrichtung einer derartigen Vorrichtung.

Die beiden Apparate stehen in ähnlicher Weise hintereinander wie bei den Drosselklappen Siemens'scher Construktion und bewegen sich auf einem gekammerten, oben mit Eisen armirten Sitze, in welchem vier Kanäle ausmünden.

Rechts davon in der Figur kommt das Gas in einem 560 mm weiten Blechrohr an und tritt in ein besonderes Ventilgehäuse ein und nach Passiren des geöffneten Deckelventils in einen gemauerten Kanal, der nach dem Untersatz der drehbaren Glocke führt.

Von da tritt das Gas durch die ersten der im Grundriss *AB* sichtbaren Oeffnungen nach oben in die zweifach gekammerte Glocke und von da je nach der Stellung der Scheidewand in den, axial betrachtet, rechten oder linken Regeneratorenkanal.

Das zurückkehrende, verbrannte Gas strömt während dieser Zeit aus dem anderen Regeneratorenkanal in das andere Fach der Glocke und tritt von da in die vierte Oeffnung des Untersatzes und in den Essenkanal, der unter der ganzen Anlage sich hinzieht.

Ganz analog ist auch das Luftventil eingerichtet, nur ist die Lage der Oeffnungen eine umgekehrte, damit die beiden Essenabzüge nebeneinander zu liegen kommen.

Der Luftzugang ist deshalb auch ein dem Gaszugang entgegengesetzter und das Schema der Oeffnungen folgendes:

	Luftregenerator			Gasregenerator	
Luftzutritt	I	Essenkanal	Essenkanal	I	Gaszutritt
	Luftregenerator			Gasregenerator	
	II			II	
	Luftventil.			Gasventil.	

Wegen einer ähnlichen Glockenconstruktion mag noch auf Fig. 103a und 103b verwiesen werden.

§ 558. Das nächstzubesprechende Detail der Ofenanlage ist die Giessvorrichtung selbst, die sich direkt an den Ofen anschliessen muss und dem Bedürfniss der Fabrikation zu entsprechen hat.

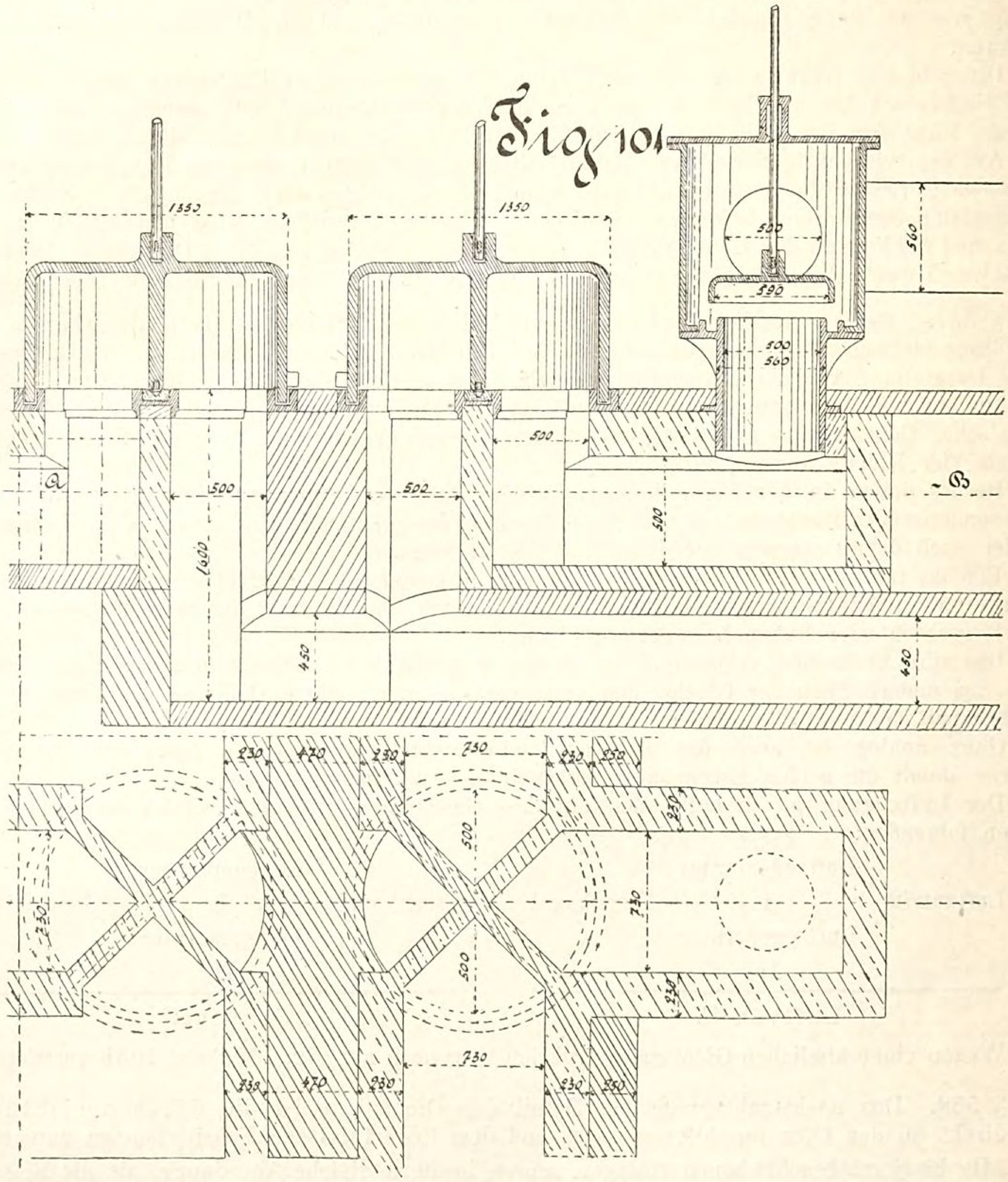
Alle bis jetzt beschriebenen Anlagen zeigen insofern gleiche Anordnung, als die Regeneratoren unterhalb der Hüttensohle theils vor, theils unter dem Ofen selbst lagen, und als der eigentliche Ofen auf der Hüttensohle sich befand.

Dadurch wurde, was auch aus den auf Taf. XXVI, XXVII und XXVIII skizzirten Oefen hervorgeht, die Anlage einer Dammgrube von grösserer oder geringerer Ausdehnung erforderlich, in welcher die Block- oder anderen Formen aufgestellt und disponirt wurden.

Die Erfahrungen der Bessemerwerke mit kreisrunden Gruben, wie sie z. B. die Taf. XXXX zu erkennen giebt, wo an einer Dammgrube zwei Martinöfen der Construktion Fig. 98 (S. 523) sich gruppirt finden, haben auf die Einrichtungen der Martinhütten erst später Einfluss gehabt. Anfänglich zog man, wie sich dies aus den mehrfach citirten allerersten Wiedergaben der Martinöfen in der Literatur ergiebt (cf. Wedding, Schmiedbares Eisen, S. 537, Fig. 151 und 152), die Anlage einer längs dem Ofen hinlaufenden Giessvorrichtung vor, welche entweder wie bei der ältesten Anlage, A. Noblet's zu Sclessin,

aus einem mit Blockformen besetzten Giesswagen auf Geleisen oder aus einem wirklichen Giesswagen, fahrbarem Kessel, bestand, der, wenn viel Oefen in einer Reihe stehen, nach Belieben vor jeden Ofen gerollt werden kann, um die Charge aufzunehmen, dieselbe dann weiter zu fahren und eventuell in einer benachbarten Giesshalle in Blockformen oder anderweitig zu entleeren.

Die Benutzung eines Giesskrahnes, wie er bei der Einrichtung der Bessemerhütten beschrieben worden ist, und wie ihn die Tafeln II und XXXX in Verbindung mit Martinöfen zeigen, hat ihre grossen Vorzüge, besonders für Herstellung von Stahlfaçongüssen. Es ist eine solche Einrichtung auf einem



sehr grossen österreichischen Eisenwerk vorhanden, wo ein derartiger Drehkrahn von nicht sehr grosser Hubhöhe vor dem Ofen in einer weiten und flachen Dammgrube steht. Rings umher gruppiren sich die abzugiessenden Formen, so dass ihre Eingüsse alle fast genau unter den Spund der Giesspfanne zu liegen kommen, kleine radiale Verschiebungen natürlich nicht ausgeschlossen. Es sind bei solcher Disposition und bei grösserer Länge des Ausladers sehr viel solcher Formen in der Dammgrube unterzubringen, wenn die kleinen Kasten nach innen, die grossen nach aussen verlegt werden.

Blockformen lassen sich, wie aus Taf. XXXX ersichtlich, in ganz gleicher Weise in derartigen Dammgruben einstellen wie bei den Bessemer- und Thomasanlagen. Auch die früher beschriebenen Giessvorrichtungen extra muros, Giessgräben etc., lassen sich ohne Weiteres zu der Bedienung von Martinöfen gebrauchen, wenn, was ja weniger oft der Fall ist, eine starke Produktion Platzmangel in

der Hütte selbst verursachen sollte. Die Martinöfen liefern erheblich weniger Produkte als die gleiche Anzahl Converter, deshalb wird man mit den gewöhnlichen Giessvorrichtungen wohl ausreichen. Die Stahlwerke der Firma Revollier, Biètrix zu St. Etienne hatten 1876 drei Oefen in ähnlicher Weise um eine centrale Grube gelegt, wie es Taf. XXX der Fall ist.

§ 559. Will man Krahne und Hebevorrichtungen möglichst vermeiden, so muss man durch hohe Lage, bezw. Aufstellung der Schmelzöfen die Ausnutzung der Fallhöhe möglich machen, wofür man allerdings gezwungen wird, das Material in die Höhe zu heben. Wenn dies in kaltem Zustand geschieht, ist die Sache noch einfach, wenn aber, wie bei der mit Entkieselungsöfen ausgestatteten amerikanischen Anlage Taf. II, eine flüssige Charge gehoben werden muss, um in den Schmelzofen ausgegossen werden zu können, dann ist wenig Vortheil von der Einrichtung zu erwarten, zumal, wenn, wie im vorliegenden Fall, dennoch ein Krahn zum Ausgiessen verwendet wird, unter Benutzung einer zwar nicht tiefen, immerhin aber vorhandenen ringförmigen Dammgrube.

Es hilft demnach nicht viel den Ofen nebst Regeneratoren halb aus der Hüttensohle heraus sehen zu lassen, man muss denselben im Gegentheil ganz oder doch so weit herausheben, dass höchstens die Vertheilungskanäle der Regeneratoren noch im Boden zurückbleiben. Eine solche, 1878 noch in Crewe auf den Stahlwerken der Nordwestbahn im Betrieb befindliche Anlage ist nach Gedächtniss-Skizzen genau durchconstruirt worden und in Fig. 102a und 102b wiedergegeben.

In der betreffenden Giesshalle stehen in der Mitte ungefähr die sämmtlichen Martinöfen in grösserer Anzahl und paarweise so disponirt, dass die Ebene *RS* der Zeichnungen Fig. 102a mit der Längsaxe der Halle zusammenfällt und die Längenausdehnung des Ofens nach dem Schnitt *LMOP* quer dagegen liegt. Auf der einen Seite der ganzen Aufstellung (links in der Fig. 102b) läuft an der Sohle die Materialbahn breitspurig angeordnet in und ausserhalb der Hütte, so zwar, dass eine eiserne Plattform zum Chargiren noch mindestens von Geleisebreite neben der Ofenreihe Platz hat, ohne die Waggons zu berühren. Die letzteren werden auf diese Plattform entleert und bringen das Material in fertig vorbereiteter zerkleinerter Form heran, während die Betriebsabfälle selbst auf Schmalspurbahnen unter der Plattform angefahren werden können.

Die Oefen stehen immer abwechselnd mit den Chargirseiten und mit den Gussseiten einander zugewendet, wobei die letzten Oefen der Reihe schliesslich ihre Chargirseite nach aussen erhalten. In der Mitte der Chargirseite liegen auch die Steuerungen der Ventile, wie auf der linken Seite der Fig. 102a angedeutet ist, wobei die Hebel der Drosselklappe, wie auch die Stangen der Admission nach oben durchgeführt gedacht sind, was aber irrelevant ist und im Belieben des Construkteurs oder Betriebsleiters liegen kann. Der Essenabzug geht nach der, den Bodengeleisen entgegengesetzten Seite, die Generatoren liegen dagegen noch jenseits des äusseren Ladegeleises und werden auf der Chargirseite wiederum durch besondere Kohlen- und Schlackengeleise bedient, welche vor und hinter der ganzen Werkstättenanlage Anschluss aneinander und an die Leergeleise zur Rückfahrt haben.

Der Raum zwischen zwei Oefen richtet sich ganz nach der Bestimmung des Raumes. Die Giesszwischenräume sind etwas weniger gross als die der Chargirzwischenräume, weil die zu verrichtenden manipulatorischen Arbeiten im letzteren Fall mehr Raum erfordern als im ersteren.

§ 560. Der Ofen ragt, wie schon erwähnt, mit der ganzen Zone der Regeneratoren, soweit letztere ungefähr mit Steinen ausgesetzt sind, aus der Hüttensohle hervor und erscheint daher wie auf einem mächtigen Sockel stehend. Zur grösseren Stabilität und um das Mauerwerk namentlich auf den Breitseiten zu schützen, ist der ganze Ofen in starke Gussplatten eingekleidet und mit paarweise angeordneten Schienen gehörig verankert.

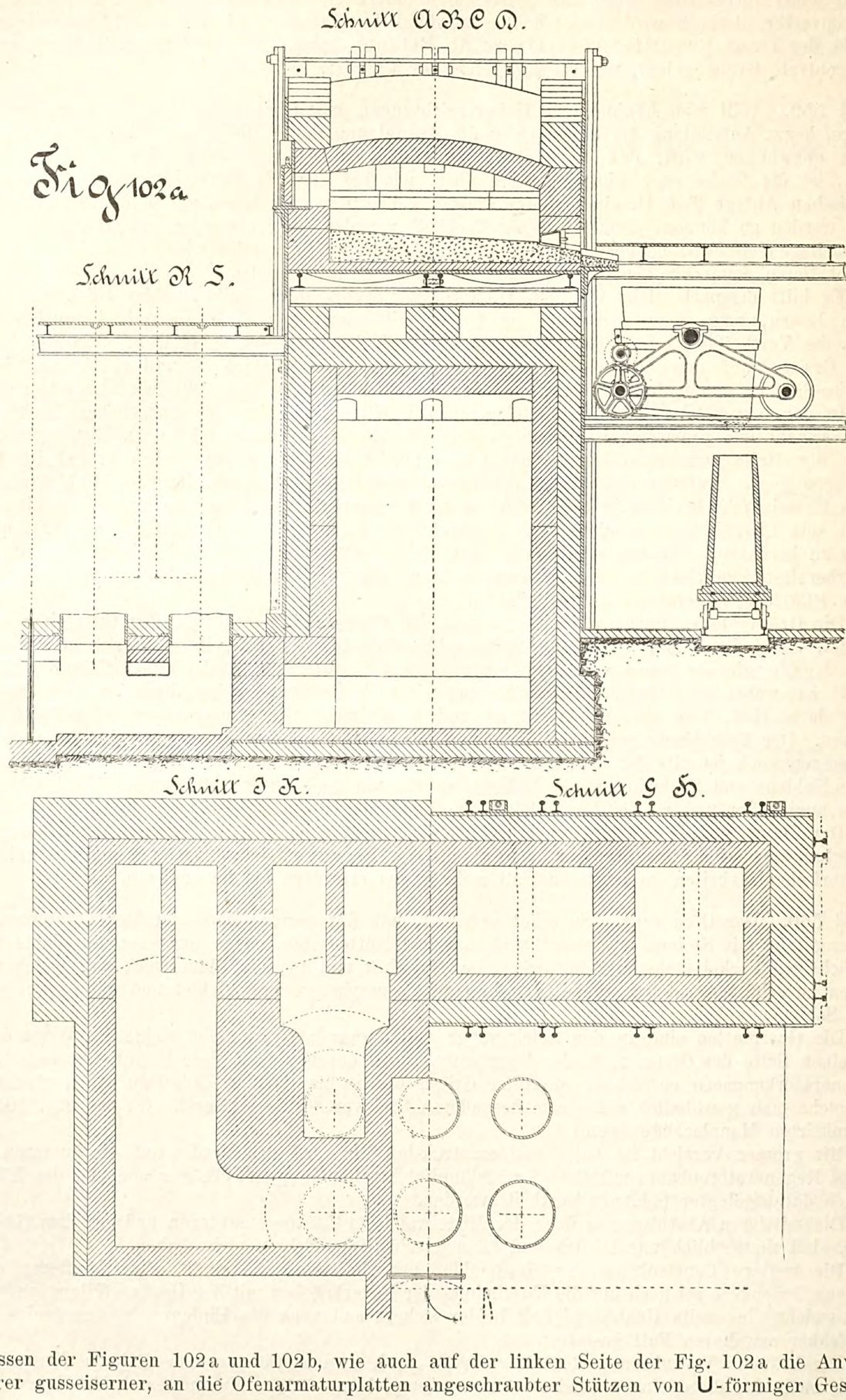
Die Gussplatten sind in den Zeichnungen voll angeordnet; es steht nichts im Wege dieselben auf der einen Seite des Ofens, z. B. der Ventilseite, so zu durchbrechen, dass Mannlöcher zum Befahren der Regeneratorkammern entstehen, in voller Grösse der in die Wände derselben vorgesehenen Thorbögen, welche man gewöhnlich mit einem besonderen Steinvorsatz verschliesst. (S. auf Fig. 102b oben die einpunktirten Mannlochöffnungen.)

Mit grosser Vorsicht ist bei der Reconstruktion die Last des Herdes auf die äusseren Seitenwände des Regeneratorenbaues mittelst vier hinlänglich starker Doppel-T-Träger und vier der Länge des Ofens nach daraufgelegter Schienen vertheilt worden.

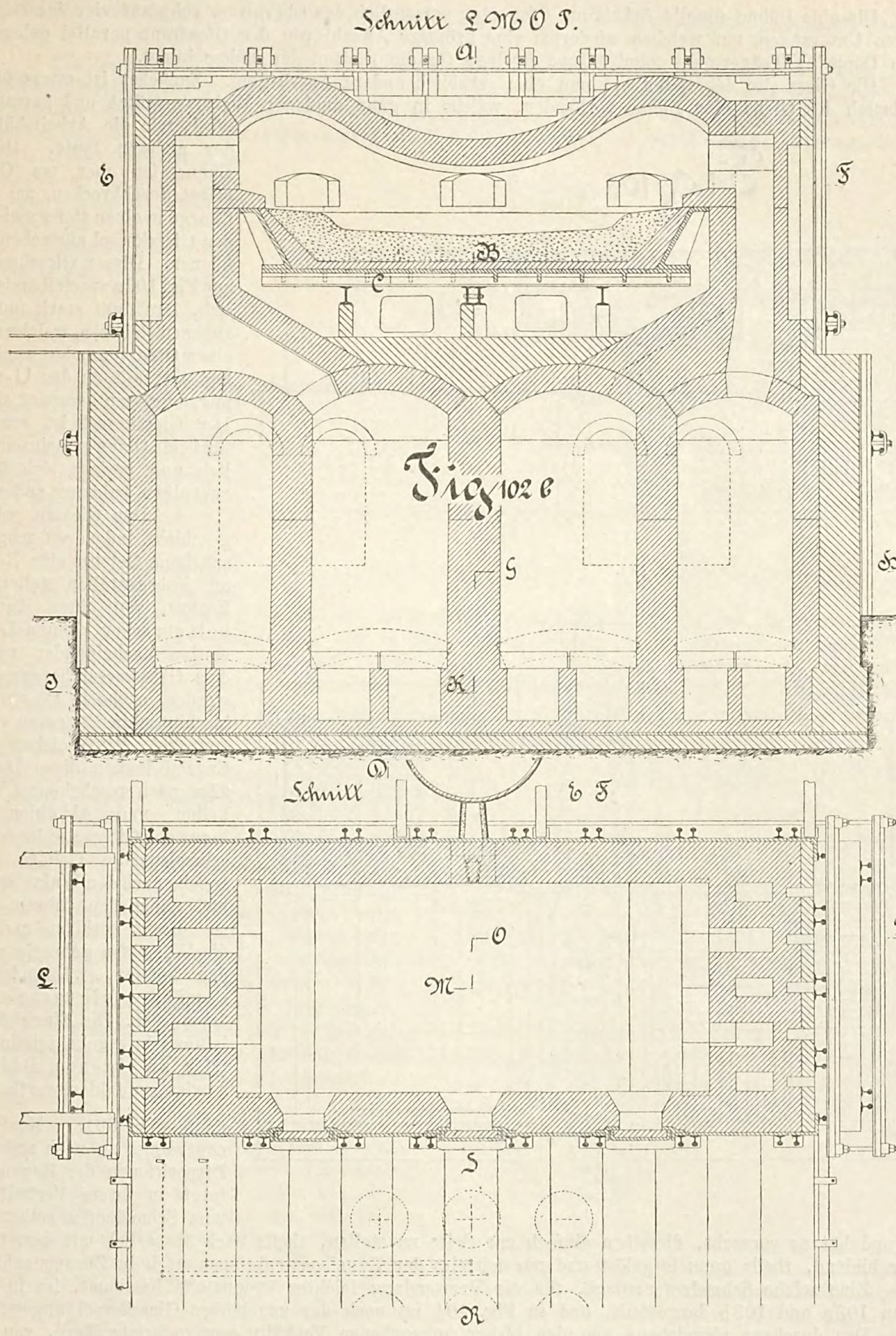
Die mittleren Abstützungen über der Mittelwand der Luftregeneratoren und auf dem Gewölbfuss derselben, sind thatsächlich unerheblich und können schädliche Folgen nicht haben.

Die weitere Construktion der Herdmulde, Feuerbrücken etc. erhellt ohne Weiteres aus den Zeichnungen, besonders sei noch auf die Verbindung der Feuerbrücken mit der Herdausfüllung aufmerksam gemacht, welche eine volle Unabhängigkeit beider sichert und auch die Einlage einer neutralen Schicht für den früher erwähnten Fall gestattet.

Die kräftige Verankerung des Ofens hätte auch zum Aufhängen der Bühnen dienen können, wenn sich nicht für diese eine besondere Armatur empfohlen hätte. Man unterscheidet leicht auf den



Grundrissen der Figuren 102a und 102b, wie auch auf der linken Seite der Fig. 102a die Anwendung besonderer gusseiserner, an die Ofenarmaturplatten angeschraubter Stützen von U-förmiger Gestalt und

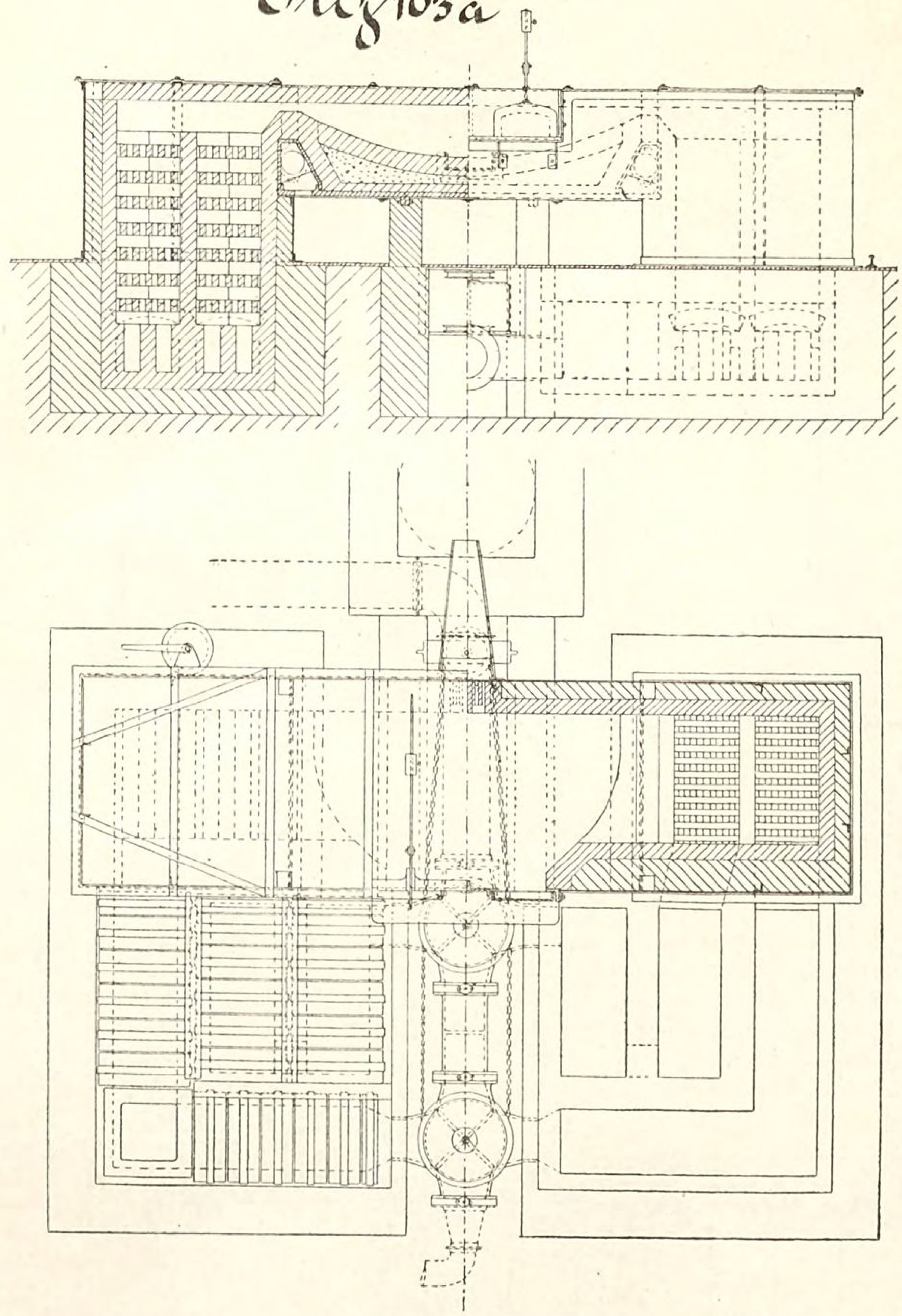


oben wie unten schuhartigen Schlussplatten. Darauf, wie auch auf den schmalseitigen Vorsprüngen des Regeneratorenbaues, liegen die Unterzüge der Bühnen.

Die eine Bühne für die Arbeit am Ofen etc., namentlich das Chargiren, ruht auf vier derartigen stärkeren Unterzügen, auf welchen wiederum eine grössere Anzahl von der Ofenfront parallel gelegten leichten Doppel-T-Trägern die unmittelbare Auflage für die Platten der Bühne bildet.

Die Giessseite der Oefen hat nun eine erheblich andere Ausrüstung. Zunächst ist etwas über dem Abstich des Ofens eine Bühne vorhanden, welche in ganz analoger Weise gestützt und getragen wird, wie die Arbeitsbühne der anderen Seite. Diese Bühne ist aber am Ofen selbst durchbrochen, um die Charge in einen tiefer stehenden Giesskessel abstechen zu können. Dieser Giesskessel, aus Fig. 102a speciell ersichtlich, läuft auf stark unterzogenen Geleisen, welche von einem Ofen zum anderen gehen und ebenfalls an den U-förmigen Stützen befestigt sind. Der Giesskessel ist sonach für beide Oefen gemeinschaftlich und bewegt sich bald zum einen, bald zum anderen.

Fig 103a



Das Giessen selbst geschieht, indem auf schmalspurigem Geleise eine Reihe auf Fahrgestellen stehender Formen von einer Ramsbottom'schen kleinen Locomotive nacheinander unter dem Giesskessel hergezogen werden, nachdem sie vorher bis hintenhin gestossen worden sind. Mit Weichen und Curven lenken diese Ingotzüge nach geschehenem Verkeilen und Abkühlen in längs der Giessseite laufende schmalspurige Geleise ein, welche nach den Walzwerken und Schmieden führen, wo sie direkt enthülst und in die Wärmöfen gebracht werden können, während die Coquillen aufs Neue zugerichtet werden. Die Einrichtung ist für sehr regelmässigen Betrieb zu eigenem Bedarf gewiss empfehlenswerth.

§ 561. Man ist neuerdings zu noch anderen Dispositionen der Regeneratoren in ihrem Verhältniss zum Schmelzofen selbst gelangt und hat es versucht, dieselben einfach zur Seite zu stellen, theils noch äusserlich mit dem Ofen Körper bildend, theils ganz losgelöst und nur mittelst der Kanalconstruktionen noch in Zusammenhang.

Eine solche Schmelzofenanlage, für die Verwendung leichter Brennstoffe bestimmt, ist in den Figuren 103a und 103b dargestellt, und in Fig. 104 ist noch der zugehörige Giesskessel angegeben.

Der durchaus abweichend von den bisher angegebenen Verhältnissen geformte Herd, von abgestumpft halbkreisförmiger Grundfläche, die Durchmesserseite an dem Stich gelegen, ist in einer gusseisernen Mulde aus verrippten Bodenplatten und wallartigen, luftgekühlten Seitenstücken eingestampft

und besteht, wie die Schraffur anzeigt, aus zwei Schichten, über deren Einzelbeschaffenheit nichts Besonderes angegeben sich findet.

Die Bodenplatten sind auf vier Mauerpfeilern aufgesattelt, von welchen zwei die Wände des mittleren Fundamentkanals sind, welcher die Steuerungsvorrichtungen enthält, während die beiden anderen die äusserste Schicht der Wände der Regeneratoren bilden. Dieselben sind, soweit sie aus der Hüttensohle hervorsehen, mit Blech sicher ummantelt, das durch Winkel mit dem Belag der Hüttensohle genau und luftdicht verbunden ist und auch am Herdboden einen möglichst dichten Abschluss erhalten hat.

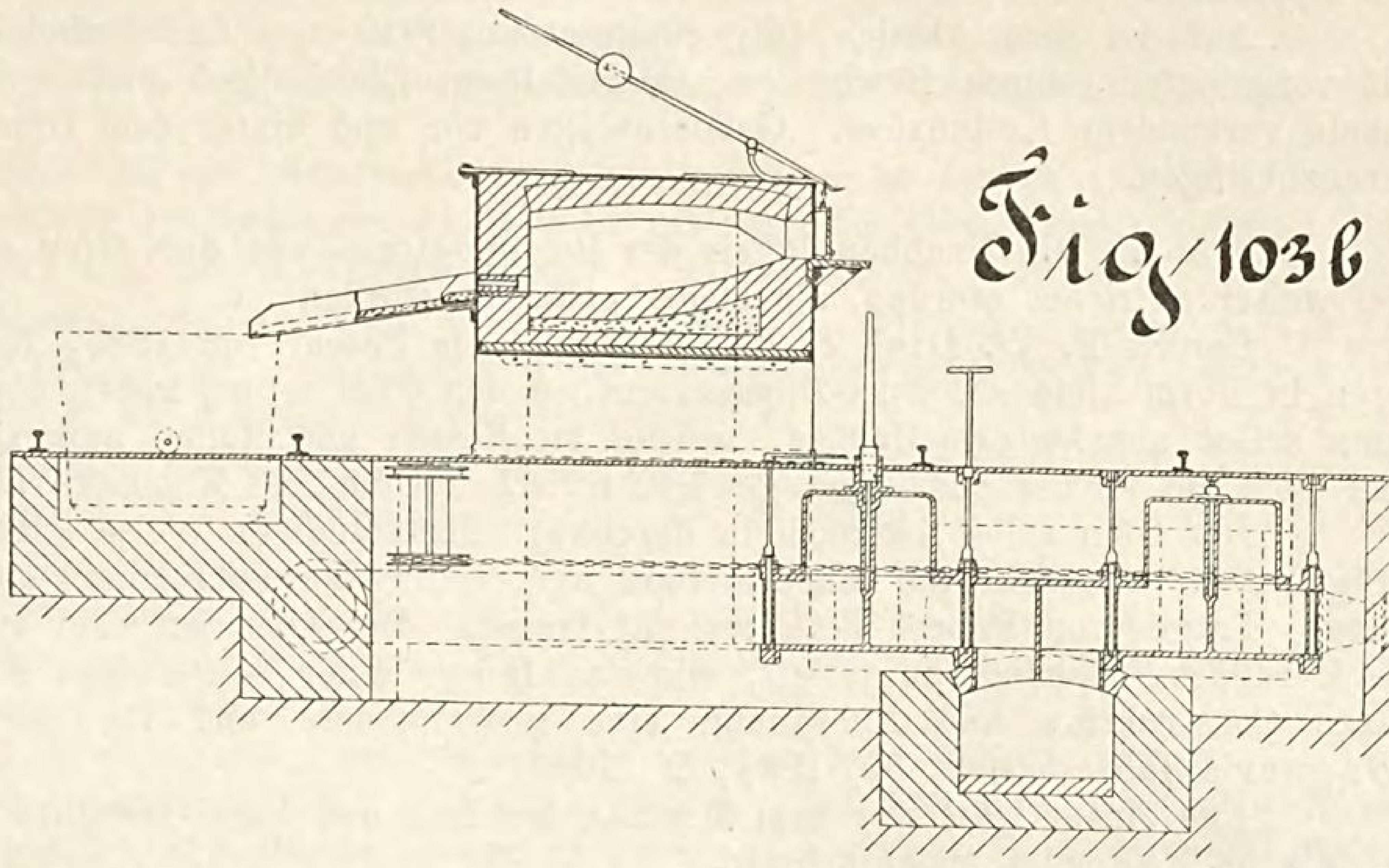
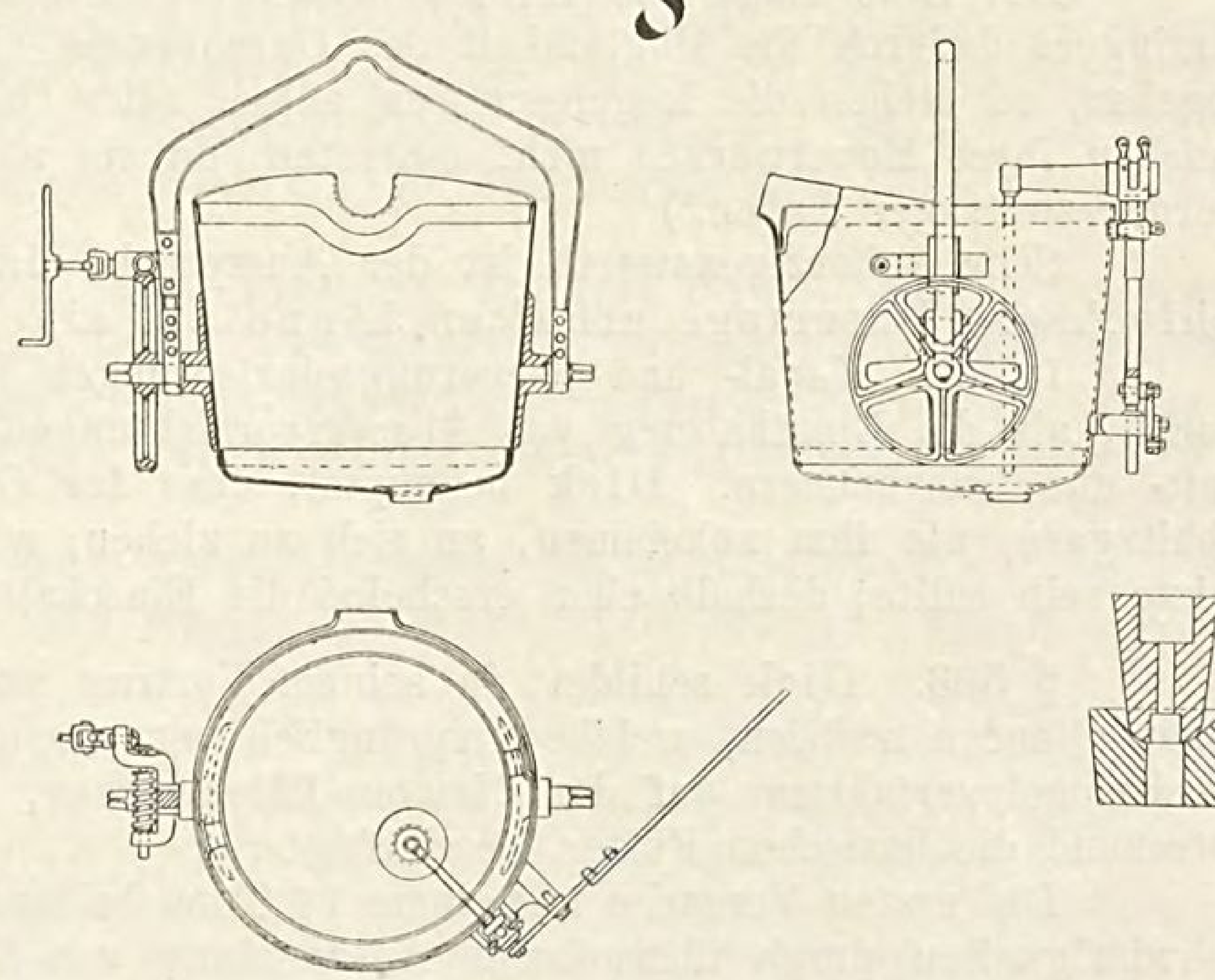


Fig. 103b

Das Gewölbe des Ofens ist der Länge nach horizontal gestreckt, der Quere nach flach gespannt (Fig. 103b) und verläuft über einer engen Feuerbrückenzone geradlinig mit der Decke der Regeneratoren, welche über dem Steinverband einen zur Feuerbildung ausreichenden Raum frei lässt, obschon derselbe allerdings dem Princip freier Flammenentfaltung nicht voll entsprechen dürfte.

Die Regeneratoren sind nicht sehr geräumig und die Gasregeneratoren gleichgross wie die Luftregeneratoren. Die Luft wie das Gas gelangen durch Röhrenleitungen in die Wechsel und von da aus in ausgedehnte, rechts und links von den Wechseln gelegene, mit Deckelstücken abgedeckte, kammerähnliche Kanäle bis zur Ofenwand, um durch dieselbe hindurch in den Fuss der Regeneratoren zu treten und durch den Steinversatz in die Höhe zu steigen. Die Wechsel sind gekammerte, eiserne Glocken, auf eisernen Sitzen sich drehend, ähnlich construirt wie die Wechsel Fig. 101, aber etwas leichter beweglich, da sie durch an der Peripherie der Glocken wirksame Kettenverbindungen gesteuert werden.

Fig. 104



Jeder Wechsel ist auf der Zugangsseite und auf der Essenseite mit einer Drosselklappe versehen, welche theils mit einem Hebel, theils mit aufsteckbarem Schlüssel gedreht wird. (Der Hebel sitzt auf der Klappe, welche ihrer Lage unter dem Ofen nach mit einem Aufsteckschlüssel nicht erreicht werden kann.)

Im gemeinschaftlich zur Esse führenden Theil der Leitung befindet sich ein Scheider in der Mitte, um das Aneinanderprallen der beiden aus den Wechseln tretenden Feuerströme zu verhüten.

Noch ist bezüglich der Steuerung mittelst der Kette zu sagen, dass dieselbe sich an dem einen Ende um die äusserste der beiden Wechselglocken, am anderen Ende um eine Rolle schlingt, und dass, wenn der dem Ofen zunächst stehende Wechsel mit aufgestecktem Hebelschlüssel gedreht wird, auch der andere Wechsel um 90° sich herumdrehen muss. Die Scheidewände der beiden Wechsel stehen natürlich nicht parallel, sondern um 90° gegeneinander verstellt, wie der Wechsel bei Fig. 101, ferner die Drosselklappe und die Hähne der Tafeln I, XXVI und XXVII.

Uebrigens befindet sich auf der Axe der Kettenrolle noch eine zweite Kettenrolle, welche durch eine weitere Kette mit einer seitlich vom Abstich durch Hebel drehbaren dritten Rolle verbunden ist, so dass auch von dieser Seite aus die Wechsel gesteuert werden können.

Bezüglich der Giessvorrichtung ist noch zu bemerken, dass eine Krahnpfanne mit Aufhängebügel (Fig. 104), ausgerüstet mit Bodenabstich und Wendevorrichtung, in eine Vertiefung vor dem Ofen gesetzt und mit der Charge durch eine lange Stichrinne mit Ansatzstück gefüllt werden kann.

Eigenthümlich ist die Einlage besonderer Abstichformen oder Futter in die Wand des Ofens, und sind deren zwei, durch ein Stück Wandpfeiler getrennt, vorhanden, was auf die betriebliche Nothwendigkeit raschen Abstechens hindeuten würde und eventuell auf einen nicht sehr heissen Gang des Apparates.

Auf der dem Abstich entgegengesetzten Seite des Ofens sind zwei Einsatzthüren vorhanden, mit vorgelegtem, durch Blechstützen abgesteiftem Einsatztisch und bewegt durch mit Gegengewichtshebeln verbundene Kettenzüge. Geleiseanlagen vor und hinter dem Ofen gestatten, Material aller Art heranzubringen.

§ 562. Die Unabhängigkeit der Regeneratoren von dem Ofen selbst ist in neuester Zeit noch viel weiter getrieben worden, als bisher erläutert worden ist.

Bereits F. W. Dick & Riley (englisches Patent von 1883, No. 1157) stellten die Regeneratoren in Form kleiner Cowper-Apparate neben den Ofen selbst, gaben denselben wie auch dem Schmelzraum selbst abnehmbare Hauben, welche an Ketten und Rollen aufgezogen werden konnten. Ebenso sind auch die Füchse oder Fuchsgewölbe zwischen Ofen und Kammern abnehmbar und beweglich.

Der Ofen selbst ist auch in durchaus selbstständiger Weise entworfen und gebaut; er ruht auf Trägern, die ihrerseits auf Mauerpfeilern aufgestellt oder aufgelagert sind und abermals mehrere quergelegte Träger von Doppel-T-Querschnitt tragen. Der Ofen ist mehr rund, als in die Länge gezogen, die Herdfläche ziemlich ausgetieft, wie das Innere einer sphärischen Abdampfschale, und dadurch die ganze Construktion und Anordnung eine gedrungenere und für die Wärmeausnutzung günstigere (Wagner's Jahresbericht 30, 1884, S. 110).

Aus einem 1884 vor dem Meeting des Iron and Steel Institute in Chester gehaltenen Vortrag Dick's ist Folgendes zu entnehmen.

Der in der Absicht, die Herstellungs- und Unterhaltungskosten unter Beibehaltung und womöglich unter Steigerung der guten Eigenschaften des gewöhnlichen Siemensofens zu vermindern, entworfene neue Ofen unterscheidet sich von dem ursprünglichen Stahlschmelzofen nur im Entwurf und in der Anordnung der einzelnen Theile. Ebenso wie der erstere, besitzt auch der neue Ofen Herd und Regeneratoren, zwei für Gas, zwei für Luft, doch sind alle diese Theile nicht mehr in einem massiven Mauerwerk verbunden, sondern isolirt und je für sich mit eisernen Mänteln bekleidet.

Der eigentliche Herd ist kreisrund und über einem auf Trägern ruhenden Boden aufgebaut, während die Regeneratoren seitlich aufgestellt sind.

Die freie Lage des Herdes erleichtert den Erfindern nach die Kühlhaltung des Bodens und verringert dadurch die Möglichkeit des Durchbruchs einer Charge. Aber selbst diese Möglichkeit zugegeben, so stehen die Regeneratoren ausser aller Gefahr, und zudem kann ein Versetzen oder Ausweichen ihres Mauerwerkes nicht eintreten, da sie ausser ihrem eigenen Gewicht nicht noch das des Herdes zu tragen haben.*)

Sehr beherzigenswerth ist der Ausspruch: dass das Herd- und Einsatzgewicht keine schlechtere Unterlage erhalten könne als eine Masse weissglühenden Mauerwerkes.

In den Kanal- und Steuerungseinrichtungen haben die Erfinder keine andere Aenderung getroffen, als die Einschaltung von Absperrvorrichtungen zur beliebigen Vertheilung der Abhitze auf die Luft- und Gaskammern. Dick behauptet, dass der Gasregenerator stets das Bestreben zeige, mehr Abhitzgase, als ihm zukommen, an sich zu ziehen, während doch der Luftregenerator der stärker geheizte sein sollte; deshalb eben erscheine die Einschaltung von Absperrvorrichtungen sehr nützlich.

§ 563. Dick schildert in seinem Vortrag weiter die seit 1880 geschehene Entwickelung der neuen Ofenconstruktion, welche ursprünglich verursacht worden ist durch die Einführung des basischen Herdschmelzverfahrens auf den Newton-Eisenwerken, wo sich Riley in erster Linie mit Versuchen, betreffend die basischen Futter, beschäftigte.

Die ersten Versuche mit einem 14 Tons haltenden gewöhnlichen Ofen ergaben zunächst grössere Schwierigkeiten durch übermässige Ansammlung von Schlacken und, als diesem Uebelstand durch Abänderung des Schlackenabflusses abgeholfen war, weitere Schwierigkeiten, den Boden eines so grossen Ofens nur einigermaassen in Stand zu halten (namentlich da gleichzeitig das beste Mischungsverhältniss der basischen Fütterung noch auszuprobiren war).

Ein kleiner Versuchsofen von 2 Tons Fassung, der nunmehr erbaut wurde, wich von der hergebrachten Gestalt nur durch das Vorhandensein eines Schlackenabflusses ab; neue Schwierigkeiten

*) Wie alle Erfinder, übergeht Dick die inzwischen geschehenen Neuerungen, hier z. B. die bei sehr vielen Martinöfenconstruktionen bereits durchgeführte Uebertragung der Herdlast auf die Umfassungswände sowie die eisernen Armaturen. Es kann allerdings sein, dass die meist schablonenmässig arbeitenden und in Allem conservativen Engländer den allerersten Siemens plant ohne jede Veränderung und praktische Verbesserung beibehalten haben. cf. Taf. XXVIII.

bereitete beim Betrieb desselben die gegenseitige Corrosion des Materials an der Scheidelinie des basischen Herdes und des sauren Gewölbes, welche trotz aller Mühe nicht zu beseitigen war.

Dick entwarf deshalb unter Riley's Leitung einen neuen, 2 Tons fassenden Ofen mit beweglichem, auf einem Wagen montirten Herde zur rascheren Ausführung der Reparaturen, wie auch zur vollständigeren Trennung des sauren und des basischen Theiles im Futter.

Da sich ganz unerwartet die Kosten dieses seiner Beweglichkeit halber anscheinend complicirteren Ofens niedriger stellten als die des vorher benutzten gleichgrossen Apparates, was namentlich in der grösseren Leichtigkeit der Construktion sowie in einer namhaften Ersparniss an Gusseisen seinen Grund hatte, ging man zur weiteren Ausbildung der Construktion über, welche später als Bathoofen in der Literatur bekannt wurde.

Bei dieser Construktion wurden gusseiserne horizontale Träger in der ganzen Ofenkörperlänge unter den Drucklinien, d. h. entlang den Badbegrenzungslinien und längs der Gewölbewiderlager angebracht und diese Träger durch leichte gusseiserne Verticalstützen gehalten.

Der ganze Ofen, in einem Rahmen metallner Bänder und frei über dem Boden liegend, trägt sich in sich selbst, und die Vorsicht, alle gusseisernen Theile möglichst gleichartig zu modelliren, führte zu einer weiteren Vereinfachung und Verbilligung der Construktion.

Die Wahl der kreisrunden Herdgestalt gab demnächst Veranlassung, das leicht zerspringende Gusseisengehäuse des Herdes durch Blech- und andere schweiss- oder flusseiserne Constructionen zu ersetzen.

Die Unabhängigkeit der Herdaufstellung und der Regeneratoren war ein weiterer Schritt zur Vervollkommnung, welchem die Ummantelung der letzteren durch eiserne Gehäuse, die Lösbarkeit der Gewölbe und Decken, die man deshalb in eiserne Ringe einbaute und mit Sandlagen auf den Seitenwänden abdichtete, als weitere Fortschritte folgten.

Die Kanäle wurden durch eiserne, auf Steinstärke ausgemauerte Röhren, die Bathoröhren, ersetzt und die Regeneratoren paarweise neben den Ofen gestellt. Gas und Luft wurden übereinander an jeder Seite des Ofens eingeführt und ebenso wurden in zwei Strömen auch die Abhitzgase abgeleitet.

Die anfänglich projektirte Abnehmbarkeit des Gewölbes ergab des Gewichtes wegen zu grosse Schwierigkeiten, und man zog es deshalb später vor, ein besonderes Füllloch mit Deckel in der Mitte des Gewölbes anzuordnen.

§ 564. Aus dem Vortrag von Dick erhellt weiter, dass die Leistungen eines 4 Tons fassenden Versuchsofens sehr vorzügliche gewesen sind, und dass derselbe sich namentlich beim Einschmelzen schweren Gussschrotes bewährt habe, wobei Stücke von 3—4 Tons in zwei Stunden einschmolzen und in marktfähiges (?!) Roheisen sich verwandeln liessen. Bei dem hierdurch veranlassten Bau und Betrieb eines grösseren, für 12 Tons Einsatz berechneten Ofens ergaben sich noch weitere Vortheile in dem Zeitbedarf für Reparaturen. Ein wegen unterlassener, rechtzeitiger Umschaltung durch Abschmelzen der Steine verstopfter Regenerator wurde aufgedeckt und nach Aushauen der oberen Steinlagen und Ersatz derselben wieder in Betrieb gebracht, was einen Zeitaufwand von drei Stunden machte, während die kürzeste Frist für eine ähnliche Operation an einem gewöhnlichen Siemensofen nach Dick's Versicherung 21 Stunden gewesen ist.

Die Dimensionen des 12 Tons fassenden Ofens anlangend, so misst der eigentliche Ofen 3,505 m im Lichten und ist mit einer Wand von 356 mm Dicke ($1^1/_2$ Steine) aus Dinassteinen umgeben, während das Gewölbe aus gleichem Material nur 230 mm (1 Stein) stark ist. Das letztere wird von einem entsprechend starken T-Eisenring zusammengehalten, während der Ofenmantel selbst aus $^5/_{16}''$ (8 mm) dicken Flusseisenblechen zusammengesetzt ist.

Im Ofen kommen weder Vorsprünge noch Zurücksetzungen des Mauerwerkes vor, und es ist dasselbe rundherum gleichmässig kühl, d. h. man kann die Hand dem Mantel bis 6 mm ohne Schaden nähern.

Der Boden des Ofens, d. h. der Herd, ruht auf den gewöhnlichen Belagplatten, welche frei von der Luft bestrichen werden.

Die Gas- und Luftregeneratoren messen 1,980 mm im Lichten Durchmesser, sind 230 mm (1 Stein) dick, mit feuerfestem Material ausgekleidet und von ganz gleichstarkem Blechmantel umschlossen wie der Ofen. Sie stehen frei und lose auf der Hüttensohle und haben mit dem Ofen selbst keine andere Verbindung als durch die Bathoröhren.

Man versieht den Mantel mit Thüren, um die Einmauerung und Ausräumung des Steingitterwerkes bequem vornehmen zu können; auch sind Schaulöcher vorhanden, um den Gang im Innern beobachten zu können.

Wenn vorhin von dem freien und losen Aufstehen der Regeneratoren gesprochen wurde, so ist dennoch nicht zu vergessen, dass sie am Boden mit dem Kanalsystem der Zuführung und Umschaltung für Gas und Luft in Verbindung sich befinden. Die Kanäle sind mit Eisenblech bekleidet und mit feuerfesten Steinen von 90 mm Dicke ausgefüttert und liegen ebenfalls auf der Hüttensohle. In diesen

Kanälen sind auch die Schieber zur Regulirung der Feuervertheilung zwischen den beiderseitigen Regeneratoren angebracht.

Die Vorzüge sind: Unabhängigkeit der Einzeltheile, dadurch bedingte Einfachheit des Baues und der Armatur, ferner geringere Reparaturbedürftigkeit wegen rechtzeitig möglicher Controlle.

Dick gibt die Kostenersparniss der Anlage gegen einen gleichgrossen Siemensofen bisheriger Construktion auf $25/_{00}$ an und versichert, dass nach den Erfahrungen in Blochairn die Reparatur- und Unterhaltungskosten sehr gering sind. Ausserdem ist diese Ofenconstruktion besonders für den basischen Betrieb günstig, da sich Herd und Decke sehr gut voneinander isoliren lassen. (Mitgetheilt unter Anderem in Stahl und Eisen 1884, S. 715 nach Engineering.)

§ 565. Einen interessanten Constructionsversuch hat Constant Steffen in Luxemburg bekannt gemacht (Stahl und Eisen 1887, S. 382), welcher als Theil einer grösseren Hochofen- und Stahlwerksanlage zur Ausführung gelangen sollte.

Der Verfasser hebt in den Vorbemerkungen zu diesem Projekte hervor, dass er bereits 1880 auf einer im Bau begriffenen Eisen- und Stahlhütte in Frankreich die Trennung und Nebeneinanderstellung von Oefen und Wärmespeichern in Vorschlag gebracht, die Ausführung dieser Idee indessen nicht habe durchsetzen können. Auch die ovale Gestaltung des Herdes, welche im gegenwärtigen Projekt durchgeführt ist, sei damals bereits als der ovalen Form der Flamme (?!) sich besonders anpassend in Betracht gezogen worden, ohne jedoch einen eingehenderen Vorschlag zu zeitigen.

Das Projekt Steffen's umfasst drei in einer Reihe stehende ovale Oefen, deren längere Herdaxen gewissermaassen zusammenfallen oder in einer Linie liegen. Alle drei Oefen werden von einer Laufkrahnanlage beherrscht, welche bestimmt ist, bei Abhebung der Ofengewölbe gelegentlich vorkommender Reparaturen oder dem Einsetzen schwerer Schrotstücke, Walzen etc. Hilfe zu leisten, dann aber auch das Putzen der Wärmespeicher durch rasches Abheben des Deckels zu erleichtern. Die Tragfähigkeit des Laufkrahns ist deshalb auch mit 5 Tonnen bemessen, was nicht allzu reichlich genannt werden kann.

Die Axenentfernung der Oefen beträgt je 12 m, wobei vier isolirt neben den Oefen stehende Wärmespeicher von 2,100 m Blechmanteldurchmesser zu berücksichtigen sind. Die Lufterhitzer sind etwas höher als die Gasvorwärmer, welche 5 m Höhe haben; jene haben 6 m Verticalausdehnung.

Eine anfänglich gefasste Idee, durch Verbindung zweier Oefen mit zwei Apparaten vier der letzteren zu ersparen, scheiterte, wie billig, an der Complication der Umsteuerungsanlagen. (Man erinnere sich an den klappen- und ventilbespickten Bérard'schen Stahlofen in Montataire, dessen Betrieb Mangels einer Centralventilstation stecken blieb.)

Für die Umsteuerung hat Steffen gekammerte Glocken benutzt, wie sie weiter oben beschrieben worden sind, doch mit der Modification, dass diese neueren Glocken durch Anordnung einer Kühlungsvorrichtung ein complicirteres Aussehen erlangt haben, als die in Fig. 101 abgebildeten.

Die Oefen werden ferner durch einen gemeinsamen, fahrenden Giesskrahn, wie ihn die Märkische Maschinenbauanstalt, vormals Kamp & Co. in Wetter, liefert (cf. Fig. 78, S. 458), bedient, dessen Verwendung durch den Umbauplan des ganzen in Betracht kommenden Werkes sich rechtfertigte, der neben der Martinanlage noch eine Bessemeranlage enthält, welche beide eine gemeinschaftliche Giessgrube haben.

Auch für die später vorgesehene Versorgung der Schmelzöfen mit flüssigem Roheisen ist ein Giesswagen nach Zeichnungen derselben Anstalt vorgesehen, mit welchem eine ebenfalls fahrbare Rinne sich combinirt.

Das reichlich angewandte Princip der Fahrbarkeit ist sogar auf den Vorwärmofen ausgedehnt, welcher an einer stabilen Generatorenanlage geheizt, vor den zu besetzenden Ofen gerollt und in denselben entleert wird.

§ 566. Die Oefen sind auf Bühnen aus Säulen und Trägern aufgerichtet, welche Bühnen ca. 3 m über der Hüttensohle liegen.

Vier Querträger tragen zunächst neun Langträger und diese wiederum eine doppelt gusseiserne Bodenplatte von eigenthümlicher Construktion. Die untere Hälfte hat aufstehende Längsrippen von ungefähr gleicher Höhe wie die Plattenstärke, welche auf den Oberseiten abgehobelt sein müssen. Darauf legt sich die eigentliche, mit hohem Rand versehene Bodenplatte mit ihrer glatten Unterfläche auf, so dass zwischen beiden Luftzüge übrigbleiben, welche zur Kühlung dienen sollen (!?). In den Rand der oberen Platte hinein stellt sich der ovale und dabei leichtkonische Blechmantel des Ofens, unten und oben mit Winkeleisen verstärkt und im Uebrigen alle erforderlichen Details zur Besetzung, zum Abstich etc. enthaltend (Thüren und Zargen etc. aus Gusseisen sind fest angeschraubt). Als Blechstärke gibt Steffen 7 mm an, als Wandstärke 400 mm, wobei eine geringe Zunahme nach dem Boden zu stattfindet. Nach oben bietet die Seitenwand genau in der Ebene der Gewölbegrenze eine Auflagerfläche, auf welche sich der trapezoidal im Radialschnitt construirte wassergekühlte Trägerring des

Deckengewölbes auflegt und gegen den höher heraufragenden Blechmantel des Ofens durch Hinterstampfung von Chamotte etc. noch abgedichtet werden kann.

Die innere Fläche des Ringes ist elliptisch-konisch, und nach aussen wird das ganze Gewölbe durch eine gewölbte, mit Winkeleisen versteifte Blechplatte bedeckt und geschlossen. Der Schlackenabfluss liegt in der mittleren Thür, der Beschickungsthür, gegenüber (darunter) ist der Stahlabstich untergebracht.

Die eigentliche Herdausfütterung ist nicht discutirt, da dieselbe, und mit Recht, Sache des unmittelbar den Betrieb leitenden Beamten ist.

Die Gas- und Luftzufuhr ist von der Anordnung bei dem Dick und Riley'schen Ofen ganz verschieden, welch letztere, wie das auch aus Fig. 105 ersichtlich ist, einfach die Köpfe der Regeneratoren mittelst Bathoröhren verbinden und die Comburenten übereinander durch breite Feuerschlitze in den Ofen strömen lassen.

Steffen ordnete eine Art Bunsenbrenner an, eine Einrichtung, die in seinem Fall möglich ist, weil das Projekt die Verwendung von geblasenen Generatoren sowie die Einschaltung von Gasometern zur Herstellung eines unabhängigen Druckes vorgesehen hat.

Die Brennerconstruktion besteht aus einem in der Längsaxe des Ofens horizontal angefügten feuerfesten, cylindrischen Gehäuse mit inwendig freistehender cylindrischer, concentrisch angeordneter Scheidewand, innerhalb welcher die vorgewärmte Luft eintritt, während das gewärmte Gas in den ringförmigen Aussenraum der Vorrichtung tritt.

Die sich bildende Flamme betritt durch ein Gitter hindurch in acht Oeffnungen den Ofenraum, und soll diese Theilung jedenfalls auf die bessere Mischung beider Bestandtheile Einfluss ausüben, wenn nur die Zwischenpfeiler der Oeffnungen die Einwirkung des Feuers längere Zeit aushalten, was a priori nicht vollkommen sicher steht.

In dem Umstand, dass die Brennerconstruktion, wie sie hier geschildert ist, vollkommen frei und von Luft umgeben ist, findet Steffen einen Grund für ihre Haltbarkeit. Durch die Einrichtung eines Rückverschlusses, aus einem konisch sich ansetzenden Bodenstück und einer an den Winkeleisenflansch des Brennermantels sich anschraubenden Verschlussplatte bestehend, glaubt Steffen, hinlänglich für die Zugänglichkeit des inneren irdenen Brennerrohrs gesorgt zu haben.

§ 567. Die Regeneratoren sind von Steffen wesentlich in gleicher Weise wie von Dick und Riley construirt und geben die gleichen Vortheile.

Einschränkung des feuerfesten Mauerwerkes auf ein Minimum, Erleichterung bei dem Putzen wie bei jeder sonstigen Controlle des Apparates, Freilage der Luft- und Gaszuführungen macht auch Steffen als Vorzüge der isolirten Anlage geltend.

Die Regeneratoren sind kreisrunde Thürme mit 300 mm dickem Mauerwerk, 2 m aussen im Durchmesser haltend. Der Innenraum ist in drei gleiche Theile durch radiale Mauern getheilt, so dass drei Kanäle von der Höhe des Innenraumes entstehen, welche Steffen durch die Abhitzgase wie auch durch die zutretenden, zu erwärmenden Verbrennungselemente nacheinander passiren lässt, so dass z. B. die Abhitzgase zuerst niedersinken, dann emporsteigen und wieder niedersinken, um nun horizontal zu den Wechseln zu strömen. Es wird in der Beschreibung ausdrücklich betont, dass die durch Blasen der Generatoren sowie durch eventuelle Einschaltung eines Druckgasometers hervorgerufene Unabhängigkeit der Ofenanlage von jeder Esse diesen langen Weg der Feuergase und der zuströmenden Elemente der Verbrennung gestatte. Die mittleren Wege betragen im Luftgasometer 14 m, im Gasgasometer 10 m, während die Heizfläche im ersteren auf etwa 120, im letzteren auf 87 qm angegeben wird.

Die Massen des Steinversatzes sind nicht angegeben; derselbe ist ähnlich disponirt wie in dem Band II, Fig. 64, S. 222 angegebenen amerikanischen Cowper-Apparat und besteht aus Formsteinen, die sechsseitige Hohlkanäle mit je vier radialen Fugen bilden.

Um die zu starke Wärmestrahlung nach aussen zu verhindern und gleichzeitig die Umhüllungsbleche der Wärmespeicher besser zu schützen, sind (wie man das auch schon sehr lange bei Cupolöfen ausgeführt und zur Windvorwärmung benutzt hat) in der Thurmmauer hohle Kühlschächte ausgespart, welche von unten nach oben beständig Luft circuliren lassen.

Der Deckel der Wärmespeicher besteht aus einem gusseisernen, mit feuerfesten Gewölbesteinen ausgefüllten Ring, welcher in einer gusseisernen Rinne mit Theerverschluss aufliegt. Ueber der Aussenseite des Flachgewölbes ist eine Luftschicht durch Aufschrauben eines Blechdeckels hergestellt, welche zur Verminderung der Wärmestrahlung beitragen soll.

Steffen hat in die Befestigung der Gewölbedeckel Spiralfedern eingeschaltet, um die Gefährlichkeit der Explosionen zu vermindern, indem das selbstthätige Heben des Deckels möglich gemacht ist.

Die Verbindung der einzelnen Regeneratoren mit den Zulasskanälen ist durch Glockenventile von einfacher Construktion regulirt, an deren Stelle eventuell auch Schieber treten können, obwohl deren Handhabung nicht die gleiche Leichtigkeit verspricht. Sehr wichtig ist dieser zwischen Regenerator

und Wechsel liegende Verschluss für das Putzen der Apparate, welche nach Oeffnen der Putzlöcher und Abheben des Deckels momentan abgekühlt werden.

Ueber die Glockensteuerung der von Steffen entworfenen Anlage ist zu bemerken, dass, ähnlich wie in Fig. 101, auf einem vierkammerigen Mauerwerk die gekammerte Glocke angeordnet ist und mit dem Rand in Theer- oder Wasserdichtung läuft, welche durch einen hohen Rand der Grundplatte und durch die Verticalfortsätze an den Rändern der vier Kammern gebildet wird.

Zur Hebung und Senkung laufen vier aussen an der Glocke befestigte kônische Rollen auf einer durch den Rand der Grundplatte gebildeten Bahn, welche an vier Stellen kleine Einsenkungen besitzt. Sobald die Räder bei der Drehung der Glocke in diese Senkungen gerathen, senkt sich die Glocke und Rand sowohl wie Zwischenwand tauchen in das Dichtungsmaterial. Die Anordnung der Steuerung bietet nichts Besonderes.

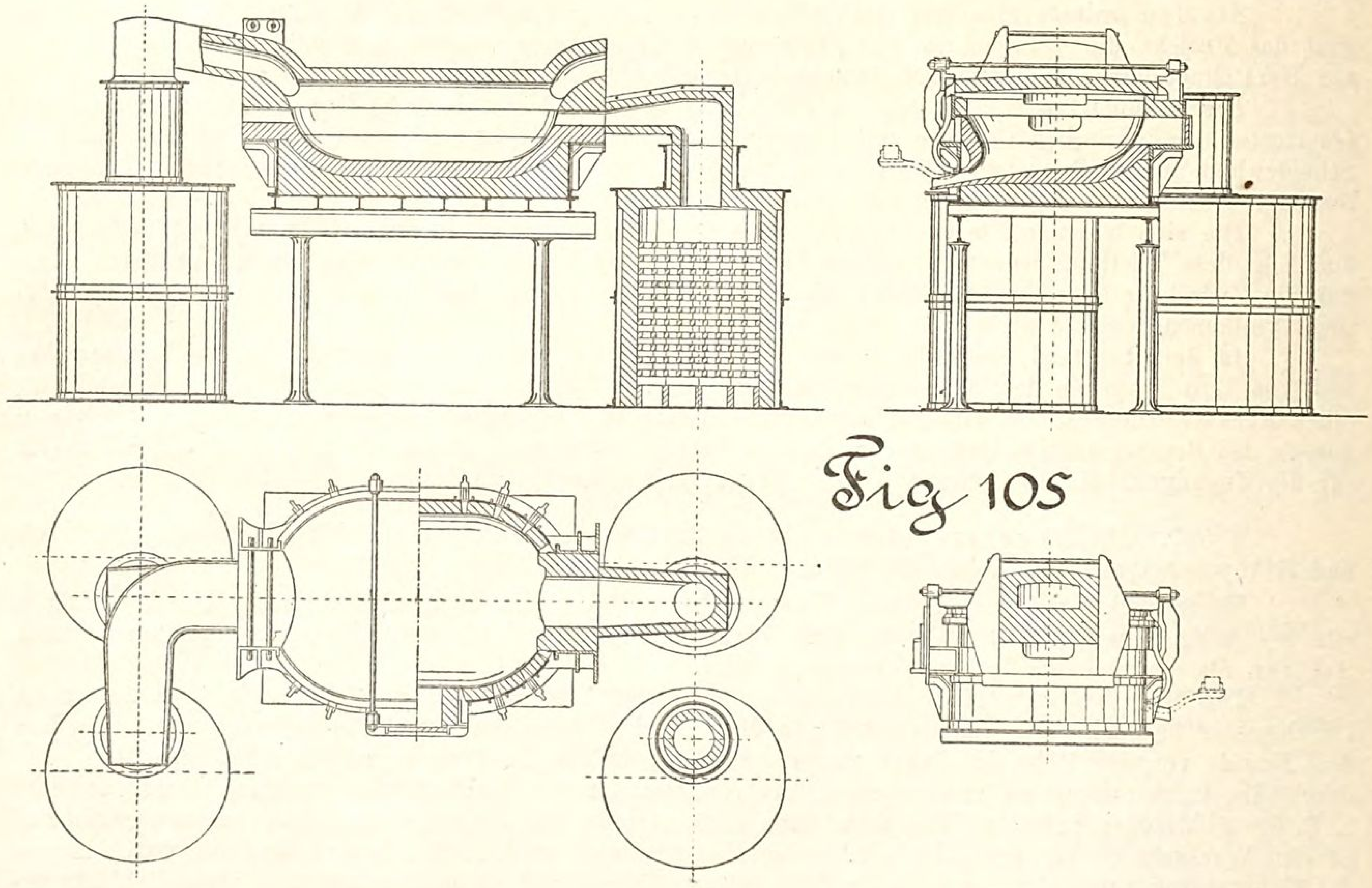


Fig 105

§ 568. Neuere Mittheilungen über den Bathoofen und einige kleine an demselben vorgenommene Detailmodificationen sind auf dem Herbstmeeting des Iron and Steel Institute zu Manchester 1887 von J. W. Wailes von Wednesbury gemacht worden, aus denen besonders die grosse Brauchbarkeit des Ofens für den basischen Process hervorgeht.

Dieser Beschreibung ist die Skizze Fig. 105 entnommen, welche einen Begriff von dem Bau und der Ausstattung des grösseren der beiden im Vortrag erwähnten Apparate geben soll.

Von der kreisrunden Form des Herdes, welche für den kleineren Ofen im Anschluss an die Dick-Riley'schen Constructionen gewählt worden war, ist man schliesslich auch zur länglichen oder ovalen Form gekommen, wie sie Steffen, nur mit mehr Aufwand von geometrischer Gelehrsamkeit, construirt hat.

Der Hauptunterschied zwischen den beiden Oefen zu Wednesbury ist die Nichtbeweglichkeit des Gewölbes, wozu man überging, nachdem sich beim Abheben der Decke des kleinen Ofens ein häufig eintretendes Werfen und Bersten gezeigt hatte.

Die dem Bathoofen indessen von Anfang an eigenthümliche und als vortheilhaft erkannte Unabhängigkeit des Gewölbes von den Seitenwänden und umgekehrt suchte man bei der Construktion des grösseren von beiden Oefen auf einem anderen Wege sich zu sichern. Man hing den verstrebten Blechring, in dem und auf dem das Deckengewölbe sich aufbaute, mit einer um den Ofen vertheilten Anzahl von gusseisernen Ständern auf, welche unten auf dem breiten Blechrand des Herdkastens fest aufgestützt und oben über den Ofen hin mehrfach durch Zugstäbe verankert waren.

Dadurch wurde es möglich, wie Wailes sich ausdrückt, „bit for bit, die Seitenmassen auszuwechseln, ohne das Gas abzudrehen.

Diese Auswechselung wird dadurch erleichtert, dass, wie die rechte Hälfte des Grundrisses es erkennen lässt, die ganze Seitenaufmauerung über dem oberen Rand der Thür und der Gaseintritte aus Einsatzstücken besteht, welche wie auch das Thürstück und das Stück über dem Abstich herausgenommen und durch ausgefütterte Stücke ersetzt werden können. Die Enden der Luftkanäle haben ihre eigenen Armaturen und ragen mit dem Futter etwas über die Grundrisslinie des Innern hinaus, da sie selber gerade abgeschnitten sind.

Der Herdaufbau findet in ganz ähnlicher Weise statt wie bei den ursprünglich Dick'schen Oefen; auf Säulen ist eine Plattform aus gekreuzten Trägern errichtet, welche den Herdkasten trägt. In dem letzteren ist zu unterst eine saure oder andere Ausfütterung vorgesehen, auf welcher dann (in der Skizze durch andere Schraffur ausgezeichnet) ein basisches Material aufgestampft sein kann, das unmittelbar oder besser noch mit neutraler Zwischenschicht an das Gewölbe anstösst. Als solche empfiehlt Wailes Retortengraphit mit Theer.

Bezüglich des Einbaues der basischen Futtertheile zieht der Redner die Ziegelgestalt vor im Format $11 \times 4^1/_2 \times 3$ Zoll englisch, welche bei einem Druck von 150 Tons auf die Breitseite $= 11 \times 4^1/_2$ Zoll gepresst werden. Diese Steine werden direkt in den Ofen auf die getrocknete saure Unterlage gebracht und baldmöglichst durch Anlassen des Gases angewärmt und gleich im Anschluss daran zur vollen Hitze gebracht.

§ 569. Während des Druckes dieses Bogens erschien in Stahl und Eisen, Septbr. 1888, S. 576 Zeichnung und Beschreibung eines von M. H. Koppmayer in Philadelphia (neuerdings in Wien) construirten Stahlschmelzofens mit abnehmbaren Gewölben. Aus der Mittheilung ist folgendes Bemerkenswerthe zu entnehmen.

Obschon die ganze Anlage wesentlich nach der Idee von Dick-Riley entworfen und ausgeführt ist und im Allgemeinen deren Grundcharakter festhält, lassen sich doch folgende Unterschiede hervorheben.

Zunächst wendet Koppmayer jederseits nur einen Wärmesammelkörper an, welcher durch eine Scheidewand in zwei Abtheilungen (für Gas und Luft) getrennt ist. Dem hierdurch leicht hervorgerufenen Bedenken wegen eines Durchtretens und Vermischens der elastischen Flüssigkeiten begegnet der Construkteur durch die Mittheilung, dass die Zwischenwand aus drei einzelnen, nebeneinander aufgeführten Mauern von je Steinbreite (ca. 115 mm) bestehe, und dass zwischen denselben Zwischenräume von 15 mm gelassen würden, die man durchaus leer lasse. Eine solche aus drei gegenseitig, gewissermaassen isolirten Schichten bestehende Wand von im Ganzen $3 \times 115 \times 2 \times 15 = 375$ mm Dicke bliebe vollkommen dicht, weil nur selten und auch dann nur geringfügige Risse darin entstünden, welche sich nicht durch die ganze Dicke hin fortsetzen könnten.

Ebenso habe sich für den Uebergang der Scheidewand in die bis zur Feuerbrücke fortgesetzte, geneigte Trennungszunge zwischen Luft und Gas ein gebrochener, bezw. gebogener oder gerundeter Uebergang statt eines scharfkantigen bewährt.

Die Ausmauerungen sowohl der Wärmespeicher als auch des Schmelzofens stossen nicht direkt an die Blechumhüllungen derselben, sondern sind davon durch eine aus Ziegelbrocken bestehende Isolirschicht getrennt, welche die Ausdehnung und Zusammenziehung der Ausmauerung ohne erhebliche Beeinflussung der Blechmäntel gestattet.

Für den Fall, dass Rücksichten auf eine geringere Abstichhöhe über der Hüttensohle die Anlage hoher Wärmespeicher erschweren, legt Koppmayer in die deshalb erweiterten und verlängerten Kanäle zwischen den Regeneratoren und den Ventilen mit Steinen ausgesetzte Kammern im Sinne der steyrischen Oefen Taf. XXVI, XXVII und Fig. 98 und befürwortet den Nutzen überhaupt, da sie wegen der erfolgenden Raumvergrösserung eine minder dichte Aussetzung mit Steinen und deshalb eine Verminderung der Gefahr des Vollsetzens oder Verstopfens herbeizuführen geeignet seien.

Der cylindrische Schmelzherd ruht zunächst auf gewalzten Trägern und mit diesen wieder auf zwei Stützmauern, die den Vorzug haben, bei einem Metalldurchbruch widerstandsfähiger zu sein als die eisernen Säulen der Dick'schen Anordnung.

Die Gewölbe des Schmelzraumes und der Wärmesammler sind in schmiedeeisernen oder stählernen Ringen gehalten und können mittelst eines Laufkrahns abgehoben und bei Seite transportirt werden. Die Verbindungskanäle zwischen Ofen und Wärmespeichern (welche die Stelle der Bathoröhren vertreten) sind verankert und von Gewölbstücken bedeckt, welche, ähnlich wie bei dem Ofen Taf. XXVII, in Klammern liegen und für sich abnehmbar sind. Weil die Gewölbtheile über der Feuerbrücke, d. h. am Anschluss des Schmelzraumes, wo Gas und Luft bereits zusammengetreten sind, am stärksten beansprucht werden, hat Koppmayer eine ringförmige Kühlung um den Oberrand des Schmelzraumes angeordnet, welche einen fortdauernden Wasserzufluss hat. Das abfliessende Wasser gelangt in die Kühltröge für die Gezähe.

Die Haltbarkeit des Ofengewölbes wird durch einen einfachen Kunstgriff gesteigert, der nur möglich und auszuführen ist, weil der Ofen rund ist. Die stärkste Abnutzung findet in der Richtung der durch den Ofen gehenden Flamme statt, während über dem Abstich und demselben gegenüber der Angriff ein nur minimaler ist.

Dadurch, dass man nach Eintreten der Abnutzung das Gewölbe hebt, um 90^0 dreht und wieder herablässt, kann ein Gewölbe weit längere Zeit in Benutzung bleiben, als es bei Festlage der Fall sein würde. Der Ersatz durch ein neues, in Vorrath gehaltenes Gewölbe nimmt nur wenige Minuten in Anspruch.

Bewegliche Siemens-Martinöfen.

§ 570. Das Princip der beweglichen Oefen ist auch bei der Ausführung des Siemens-Martinprocesses zur Anwendung gekommen.

Als die Gesellschaft St. Chamond (früher Petin, Gaudet et Co.) den aus dem Studium des Danks'schen Puddelofens hervorgegangenen tellerförmigen Ofen von Pernot zur Anwendung gebracht und in ihren Betrieb eingeführt hatte, wurde nicht allein seine Benutzung als Puddelofen, sondern fast mehr noch seine Brauchbarkeit als Apparat für den Siemens-Martinprocess ins Auge gefasst und verfolgt. Es entstanden in St. Chamond selbst mehrere Exemplare des zu diesem Zwecke weit über die Abmessungen eines Puddelofens hinausgehenden Schmelzapparates, welche in Verbindung mit einer Giessgrube mit Drehkrahn dauernd zur Verwendung kamen.

Es ist bekannt, dass der Pernot'sche Tellerofen als Puddelofen Resultate nicht zu geben vermochte, weil er das anfänglich und bei allen beweglichen Oefen gesteckte Ziel, den Wegfall der ganzen Handarbeit oder doch des grössten Theils derselben, nicht erreichte, da der dickflüssige und schliesslich teigig werdende Einsatz auf dem Herd nicht mehr von selbst sich bewegte, sondern hin- und hergeschoben werden musste.

Bei einem flüssig bleibenden Einsatz dagegen, wie ihn der Siemens-Martinbetrieb voraussetzt, fiel dieser Uebelstand fort, und es fragte sich nur, ob die mechanische Bewegung des Herdes irgendwelche Beschleunigung, bezw. Steigerung des Betriebes hervorrufen würde, welche die Anwendung des Pernot'schen Construktionsprincips rechtfertigte.

Die beim Siemens'schen Betrieb vorkommenden Wirkungen, das theilweise Frischen der Roheisensätze und -bäder, die Lösung und Legirung der Schrotzusätze, die Lösung und Vertheilung der schliesslichen Reduktionsmittel, erschienen allerdings von Anfang an als Momente, die durch eine gewisse Bewegung des Ofeninhalts in der Wirksamkeit gesteigert werden könnten, und daher mag wohl schon Pernot selbst den Versuch angeregt haben, seinen rotirenden Ofen auch als Legirungs- und Schmelzofen für den Siemens-Martinbetrieb auszubilden, umsomehr, als schon die ersten Versuche mit dem Puddeln in solchem Apparat nicht so ermuthigend ausgefallen sein konnten, als anfänglich behauptet wurde (vgl. S. 361 und 387, § 318 und 357 dieses Bandes).

Mindestens wird schon in der ersten grösseren Publication von Henry über den Pernotofen (Paris 1874, Dunod) die Fabrikation von Flusseisen resp. -stahl im genannten Apparat beschrieben und ihre Vorzüge gegenüber dem damaligen Stand der Siemens-Martinarbeit in festen Oefen hervorgehoben.

Als Folge des Construktions- und Bewegungsprincips des Ofens fällt zunächst auf, was auch von Jordan hervorgehoben worden ist, eine fortwährende Erneuerung der mit der Feueratmosphäre des Ofeninnern in Berührung befindlichen Oberflächen, wodurch sowohl das Schmelzen und Frischen des Roheisensatzes als auch das Erweichen, Zergehen und Lösen der Schroteinsätze in erheblichster Weise beschleunigt wird.

Gleichzeitig wird jede störende Beunruhigung des Bades durch Rühren mit Stangen und anderen Werkzeugen vermieden, und es ergibt sich weit mehr die Wahrscheinlichkeit, ein ruhiges, möglichst blasenfreies Produkt in kurzer Zeit zu erzielen.

Die nächste Folge dieser Beschleunigung war die Besetzung des Ofens mit dem Roheisen und der ganzen zu einer Charge gehörigen Schrotmenge mit einem Male, anstatt des partieenweisen Besetzens unter Anwendung von Erwärmungspausen, wie es § 240, S. 308 geschildert ist.

Da das Besetzen eine Viertelstunde dauert und das Einschmelzen des Roheisens sehr bald seinen Anfang nimmt, bei langsamem Drehen immer wieder die blosgelegten und weitererhitzten Theile der Sohle sowie den ausgebreiteten Schrot überfliesst, so steigert sich die Temperatur allerdings ziemlich rasch, und auch die Wirkung der sich periodisch mit Glühspan bedeckenden und dann wieder in das Roheisenbad tauchenden Schrotstücke wurde durch die Bewegung gegen die Vorgänge im festen Ofen beschleunigt.

Es gelang schon in der ersten Zeit pro 24 Stunden fünf Chargen von nahezu 5000 Kilo zu schmelzen und fertig zu machen aus ca. $70/_{00}$ Schrot, $21/_{00}$ Roheisen und $9/_{00}$ Spiegel.

Es erforderten (Durchschnitt von 25 Chargen in 5 Tagen) 1000 Kilo Siemens-Pernotstahl:

	256 Kilo	Roheisen,
	713 „	Schienenschrot,
	93 „	Spiegel,
zusammen:	1062 Kilo	Eisenmaterialien, welche mit
	339 „	Kohlen für die Generatoren,
	69 „	„ „ „ Wärmöfen, also
	408 Kilo	im Ganzen hergestellt sind.

Im Gegensatz hierzu gaben die gewöhnlichen Martinöfen von Terrenoire (Musterbetrieb des Bezirkes) nachstehende Verhältnisse.

1000 Kilo Siemens-Martinstahl brauchten:

1066—1105 Kilo diverse Eisenmaterialien,
770— 898 „ Kohlen, bei nur 5700—5857 Kilo Produktion in 24 Stunden.

(Vgl. Dürre, Der Drehofen von Pernot. Berlin 1875, Gärtner.) — Spätere Betriebsergebnisse sind nur noch vereinzelt bekannt geworden.

§ 571. Der Bau des Pernotofens, soweit er für den Siemens-Martinprocess in Betracht kommt, erhellt aus der Taf. II der eben citirten Broschüre, mit welcher Darstellung die Details auf Taf. I und II dieses Bandes wesentlich übereinstimmen.

Dieselben bringen eine mit neueren Einrichtungen arbeitende amerikanische Hütte zur Anschauung, welche eine Combination des Entkieselungs- und Entphosphorungsverfahrens von Krupp mit dem Siemens-Martinprocess ausführen sollte und dem Engineering entlehnt ist.

Taf. II gibt eine Uebersicht der Anlage, aus welcher der Gang des Verfahrens erhellt (vgl. auch S. 361, § 318 dieses Bandes), während der Waschofen auf Taf. I eine detaillirte Darstellung gefunden hat.

Das zur Entkieselung gelangende Roheisen wird im Cupolofen (1.) eingeschmolzen, der mit einem hydraulischen Aufzug nach der Gicht (2.) versehen ist. Das flüssige Eisen gelangt mittelst einer Abstichrinne (3.) in den Waschofen (4.) und wird gefeint, bezw. auch theilweise oder ganz auf Erzherd entphosphort.

Das erlangte flüssige Zwischenprodukt wird auf einer Rinne (5.) nach der auf einem Aufzug (6.) stehenden Pfanne (7.) übergeführt und nach geschehener Hebung in den eigentlichen Martinofen (9.) entleert, um mit dem in einem gewöhnlichen Flammofen (8.) vorgewärmten und auf einem Plattenwagen (11.) nach dem Schmelzofen gebrachten Schrot verarbeitet zu werden.

Beide Hauptapparate, der „Waschofen“ und der eigentliche Schmelzofen, sind nach dem Pernot'schen Princip gebaut und drehen sich um eine schwach (5—6°) geneigte Axe. Die Regeneratoren sind, den grösseren Einsätzen der Schmelzöfen entsprechend, bei letzteren grösser als bei dem Waschofen, die Vertheilung, Umsteuerung etc. analog construirt und bereits früher bemängelt.

Der Herd, in einem gerippten, starken Blechkorbe eingestampft, trägt auf seiner Unterseite einen sehr flachkonischen Zahnkranz, durch welchen die rotirende Bewegung von einer stationären Maschine (10.) mittelst langer und gegliederter Horizontalwelle auf das Herdbecken übertragen wird. Die Bodenplatte des letzteren ist mit einem starken gusseisernen Gerüst mit vier Lagern und darin sich drehenden konischen Rädern verbunden und kann mittelst dieses Apparates auf dem fahrbaren Untergerüst gedreht werden, welches in der Mitte die kurze Stahlaxe des Herdbeckens sicher führt. Das fahrbare Untergerüst enthält auf der Seite das Lager für die Maschinenwelle und das kleine konische Getriebe, das mit dem Zahnkranz der Unterseite der Herdarmatur arbeitet.

Der Grundriss des Waschofens auf Taf. I zeigt die Lage der Maschinenwelle und lässt erkennen, dass ihre Lage durch die Rücksicht auf das Herausfahren des Herdes bedingt ist, welches normal zur Längsaxe oder zur Front des Ofens zu geschehen hat.

Die Ofengewölbe werden auf beiden Ofenfronten durch starke gusseiserne Winkelplatten und sonstige geeignete Armaturen in dem freiliegenden Theil abgestützt und der Anschluss der Grenzflächen an den Rand des Herdes mit einer trocknen, losen Sandlage bewirkt, die nach Henry kein Einziehen von kalter Luft zulassen soll.

Beim Puddelofen nach Pernot's Construktion dichtete bekanntlich die überfliessende Schlacke die Fuge zwischen festem und beweglichem Ofentheil; trotzdem arbeitete man dabei viel mit Unterwind, um sich gegen jedes Einziehen von Luft zu sichern.

Die hier erwähnte Anlage arbeitet mit Giesskrahn, wie auch die Anlage in St. Chamond selbst, wo 1876 drei Oefen in Betriebszustand waren.

Eine grössere Verbreitung hat der Siemens-Martinofen Pernot'scher Construktion nicht erreicht, trotzdem die von Henry veröffentlichten Vergleiche mit dem damaligen Siemens-Martinbetrieb von Terrenoire die Erwartung einer rascheren und weiteren Verbreitung begründet erscheinen liessen.

(Näheres findet man ausser in der Bearbeitung der Henry'schen Arbeit durch den Verfasser noch in zwei Reiseberichten des letzteren — Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1876, S. 643 und Wochenschrift desselben Vereins 1878, S. 49.)

Von den Generatoren.

§ 572. Die Generatoren für die Siemens-Martinöfen gehören in erster Linie zu den hochbeschütteten Generatorformen gleicher Grösse und wechselnder Anzahl, wie sie bereits S. 368, § 327 dieses Buches und Bandes beschrieben und besprochen worden sind.

Die Vorzüge eines so einfachen Princips, eine wechselnde Zahl nicht übermässig gross dimensionirter Generatoren zur Verfügung für einen in der Betriebsausdehnung (Einsatzgrösse, Zahl der Chargen etc.) wie in der Materialbenutzung (Wechsel der Kohlen etc.) veränderlichen Zweck zur Verfügung zu halten, bestehen vor Allem in der steten Sicherheit des Erfolges. Als Nachtheil kann nur die etwas höhere Anlagekostensumme in Betracht kommen, da ein unter Voraussetzung gleichbleibender Leistung und gleichbleibender Brennstoffqualität richtig construirter Generator immer durchschnittlich billiger zu stehen kommen wird, wogegen es sehr zweifelhaft ist, ob in allen Fällen sofort die richtige Construktion zu Stande kommt.

Versuche an verschiedenen Orten haben unzweifelhaft die Möglichkeit dargethan, mit den Halbgas- oder Recuperatorfeuerungen von Boëtius, Bicheroux u. A. auch Temperaturen zu erreichen, welche dem Ziel des Siemens-Martinverfahrens entsprechen, doch sind dieselben in ausgedehnterem Maasse und an Stelle des Siemensgenerators nicht getreten.

Der letztere ist vielmehr die bequemste Form des Gaserzeugers für den Herdstahl geblieben, gleichgültig, ob der Betrieb grösser oder kleiner ist, ob er auf saurem oder basischem Futter verläuft und ob die Nebenfunktionen des Ganzen so oder anders gestaltet sind (z. B. halbe oder vollständige Regeneration etc.).

Man erhält unter allen Umständen die für den Betrieb nachweislich erforderliche Hitze und hat nicht nöthig, den Gang der Brennstoffvergasung zu treiben und dadurch Gefahr zu laufen, ungünstige Verhältnisse zu schaffen und eine nicht vortheilhafte Beschaffenheit des Gases zu verursachen, welche dann nur durch einen construktiv oft unbequemen, möglichst direkten Anschluss des Generators an den Heizraum und andere Vorsichtsmaassregeln auszugleichen ist.

Natürlich ist hierbei auch ein gewisses Abweichen von der Chablone vorausgesetzt und mit dem durchaus Vortheilhaften eine Anordnung gemeint, welche sich schliesslich auch für andere den Brennstoffen direkt angepasste Gaserzeuger befolgen lässt, d. h. die facultative Benutzung mehrerer Einzelapparate in wechselnder Anzahl.

Siemens selbst hat gelegentlich zweierlei Chablonen für sein Generatorensystem publicirt (vgl. unter Anderem die für die 2. Auflage von Percy's Metallurgie, Band I zur Verfügung gestellten, bunt ausgeführten beiden Tafeln zu S. 514, wiedergegeben in Dürre's Allgemeiner Hüttenkunde, S. 236, Fig. 116 und 117).

§ 573. Der Generator für zur Vergasung vorzugsweise geeignete Kohlenqualitäten von wenig oder nicht backender oder klebender Beschaffenheit ist Taf. XXXI und auch Fig. 106 wiedergegeben.

Die letztgenannte Construktion erscheint als die für gasreiche Sandkohlen, bei denen auch das vorübergehendste Backen als ausgeschlossen gilt, geeignetste Bauart, weil der Rost flacher ist als bei dem Generator Taf. XXI. Die Dimensionen stimmen sonst ziemlich überein und auch die Detailconstruktionen sind gleiche. Die etwas geringeren Abmessungen bei der Generatorengruppe Fig. 106 weisen auf die natürliche Grundlage gasreicherer, folglich voraussichtlich magerer Gaskohlen hin, deren Böschungs- und Rutschungswinkel am kleinsten sein und daher die Anlage eines flachen Rostes rechtfertigen dürfte.

Für backende oder stark schlackende Brennstoffe hat Siemens in der bereits citirten Tafel zu Percy's Metallurgie noch eine Generatorenform angegeben, welche von dem Mitgetheilten erheblich abweicht.

Der den Generator nach unten hin abschliessende schräge Planrost stösst nicht, wie in den hier gegebenen Zeichnungen erkennbar, an die Rückwand des Generatorenschachtes an, sondern lässt einen erheblichen Zwischenraum frei, der auf jenen Blättern ca. 0,5 m betragen dürfte.

Zwischen dem Rostende und der steil abgeschrägten Rückwand rutschen die hellbrennenden und glühenden Brennstoffreste heraus und müssen mit den Schlackenblöcken aus den zusammengesinterten Aschen vorübergehend abgestützt werden.

Sonst ist die Rosteinrichtung dieselbe, und nur ein weiterer Unterschied der beiden Schematas macht sich in der Unterwindeinrichtung bemerklich, die bei dem eben beschriebenen Generator eingezeichnet ist, die aber, wie bereits erwähnt, bei den Generatoren jetzt häufig in Anwendung steht.

§ 574. Es erübrigt, auf die Hauptstücke der Rostconstruktion zurückzukommen, welche in den Zusammenstellungszeichnungen nicht immer klar erkennbar auftreten und deshalb hier in den wichtigsten Theilen besonders dargestellt werden sollen.

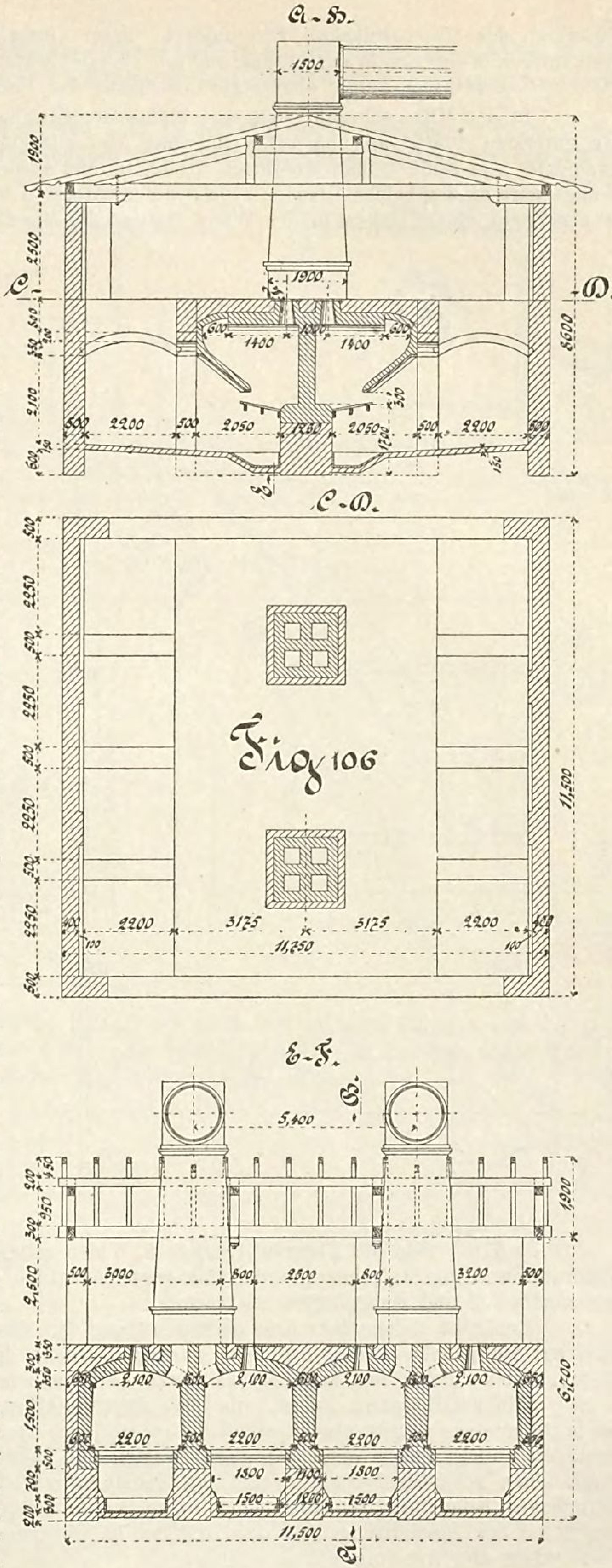
Wie aus den angeführten Darstellungen hervorgeht, ruht der ganze Rost jedes einzelnen Generatorenschachtes auf eisernen Construktionen, Wangen, von denen je zwei einfache und eine Doppelwange vorhanden sind.

Dieselben, in Fig. 107a dargestellt, besitzen eine hinlänglich grosse Fussplatte, um fest auf der Aschenfallsohle ruhen zu können, und enthalten die erforderlichen Vorsprünge, um die übrigen Theile des Rostes befestigen zu können. Dahin gehören, von oben herab aufgezählt, zunächst eine schräge Leiste mit Endstück, um die Platten, welche den schrägen, nicht durchbrochenen Oberrost bilden, sicher und fest zu tragen. Um alles Vorrutschen zu verhindern, ist auf dem fussleistenartigen Endstück ein kleiner Vorsprung gebildet, in welchen der Plattenrand in irgend einer Art einklinkt.

Darauf folgt eine vorspringende Leiste zur Auflagerung des einzigen Flachstabes, der die treppenrostähnliche Vermittelung zwischen dem Oberrost und dem planen Unterrost bildet. Endlich ist zur Aufnahme des äussersten Rostbalkens (des letzteren) ein büchsenartiges Lager an die Wangenplatte angegossen. Alles dies für die Mittelwange doppelseitig, für jede Seitenwange einseitig.

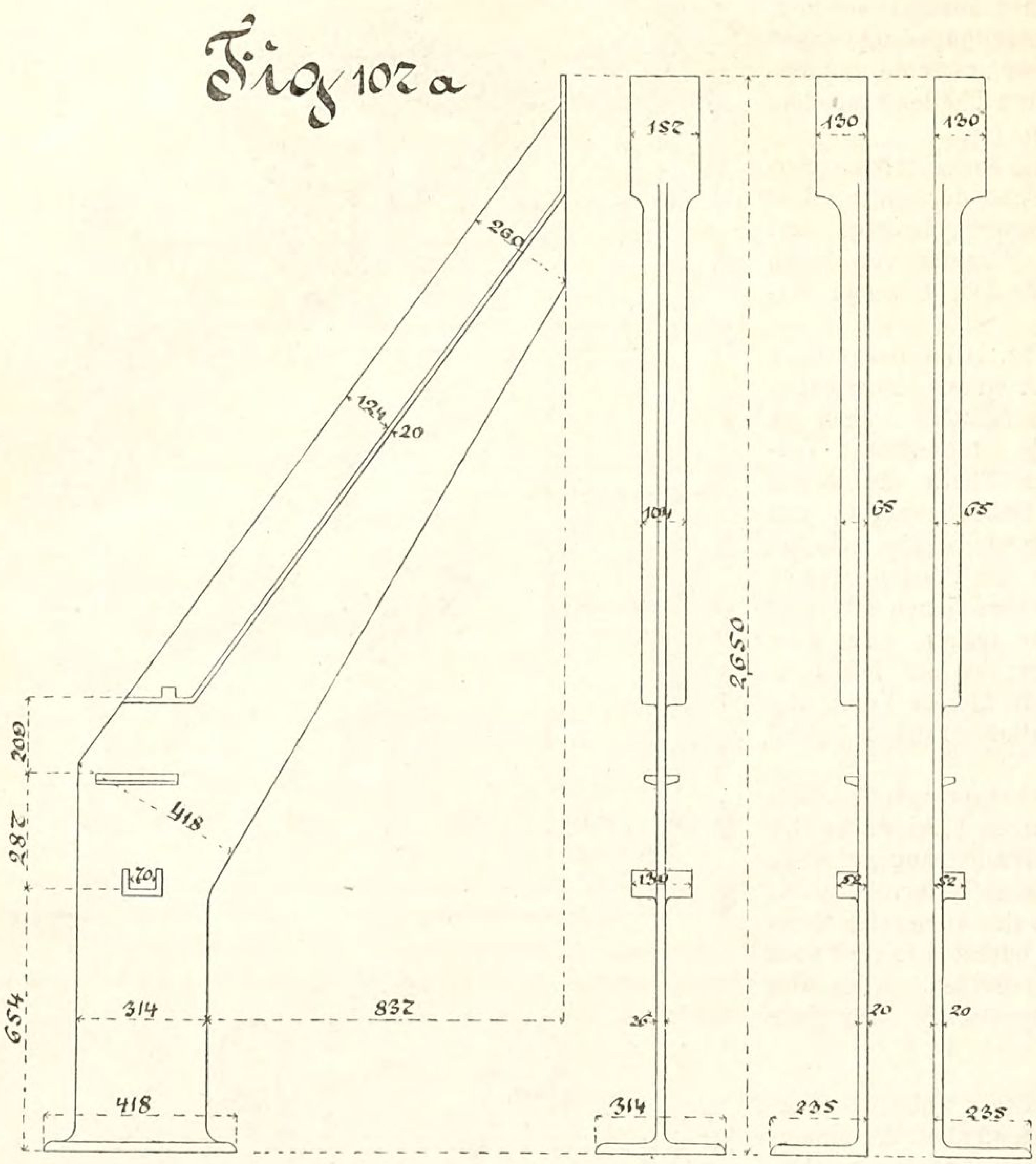
§ 575. Neben dieser unbedingt vorzuziehenden, von der Beschaffenheit der Mauerwände fast vollkommen unabhängigen Construktion wird auch noch die von Siemens selbst angegebene ursprüngliche Rostconstruktion ausgeführt, welche sich aus der Taf. XXXI genau erkennen lässt und wesentlich anders ist.

Man sieht, dass, wie auch bei Anwendung der Wangenstücke, der Generatorschacht in zwei ungleich breite Theile zerfällt, in den breiteren Feuerschacht und den engeren Aschenfall. Der Vorsprung an jeder Seitenwand beträgt über 200 mm, und auf diesen der Schräge des Oberrostes gemäss nach vorn zu geneigten Vorsprung legt sich die aus drei gebauchten, mit Passrippen verstärkten Gussplatten bestehende constructive



Unterlage der Oberrostfläche. Die unterste dieser Gussplatten legt sich mit der untersten, zu einem dreikantigen Fuss verstärkten Rippe auf die oberste Stufe der nunmehr nach hinten zu in horizontalen Staffeln von 450 mm Länge abgesetzte Oberfläche des Vorsprungs (s. Fig. 1 der genannten Tafel).

In der Mitte schraubt sich eine kleine Doppelwange mit vorgesetztem Kopf an die Rippenfläche der untersten Platte an und setzt sich mit dem ausgeklinkten Fuss auf den ersten Rostbalken, der seinerseits wie seine beiden Gefährten direkt in die Aschenfallwände eingelassen ist. Je eine einfache Wange wird an den beiden Wänden zwischen der untersten Plattenrippe und den Roststab eingeschoben und eventuell mit einem Haken in der Wand festgestellt, um das Hervorrutschen zu vermeiden. Mittelst der nebenstehend abgebildeten eisernen Wangen, welche man einfach in die Aschenfallwände einstellt, die oben sich gegen die Fläche des Abschlussbogens legen, unten aber auf der Sohle des Aschenfalles stehen und einer weiteren Befestigung nicht bedürfen, ist man vom Mauerwerk gänzlich unabhängig und vermag namentlich Veränderungen der Rostneige etc. mittelst nur weniger Inventarienstücke, da sich die anderen Theile nicht ändern, gründlich auszuführen. Die Construktion ist auch in niederrheinisch - westfälischen Werken bereits zur Ausführung gebracht. Die weitere Ausstattung des Feuerschachtes ist einfach und besteht ausser einem nicht immer vorhandenen Wasserbecken auf dem Boden des Aschenfalles nur noch aus den Garnituren der Aufgebeöffnungen und der Visire, welche auf Taf. XXXI fortgelassen sind und in den Figuren 107b und 107c ausführliche Darstellung finden.



§ 576. Wie die Figuren 1, 2, 3, 5, 6 der genannten Tafel zeigen, ist das Deckgewölbe der Generatoren Siemens'scher Construktion verschiedentlich durchbrochen, um den Betrieb auch von oben her zugänglich und controllirbar zu machen.

Zunächst stehen über dem oberen Anfang der schrägen Rostplatte die Aufgebeöffnungen, deren zwei auf jedem Schacht sich befinden. Dieselben tragen die in Fig. 107b detaillirten gusseisernen Füllkästen, welche durch eine angegossene breite Fussplatte fest auf der Mauerfläche aufruhen.

Die Füllkästen haben, wie sich deutlich erkennen lässt, Doppelverschluss; nach unten sind sie mittelst einer schräg abschliessenden Drosselklappe verschlossen, welche mit Hebel und Gegengewicht stets fest anliegt, auch wenn der ganze Kasten mit Brennmaterial gefüllt ist. Die obere Mündung ist durch einen schmiedeeisernen Deckel mit Handgriff verschlossen, der das Eindringen von erheblichen Luftmengen beim Chargiren verhindert. Zwei Visire an der Seite der Hebelaxe lassen jeden Augenblick den Stand der Beschüttung und des Brandes im Generator erkennen und gestatten auch ein leichtes Nachstossen und Arbeiten mit Brechstangen.

Die oftmals betonten Vortheile gleichmässiger Brennstoffaufgabe sind wenig augenfällig, da der Gang des Generators vor Allem bedingend für die Nothwendigkeit neuer Aufschüttung sein muss, wie der Niedergang der Gichten im Hochofen.

Die Visire zum Nachstossen der Brennstoffe sind in der Fig. 107c angegebenen Construktion hauptsächlich an drei Stellen der Generatorfläche angebracht, wie aus den citirten Figuren der Taf. XXXI hervorgeht. In grossen Gussplatten liegen zunächst weitere der im Gewölbe vorgesehenen Weite der Oeffnung entsprechende, mit einfallendem Hals und überragendem Flansch versehene Deckelstücke, und in diesen stecken die eigentlichen Visirpfropfen mit Ringgriff, welche sich leicht mittelst eines Hakens entfernen lassen.

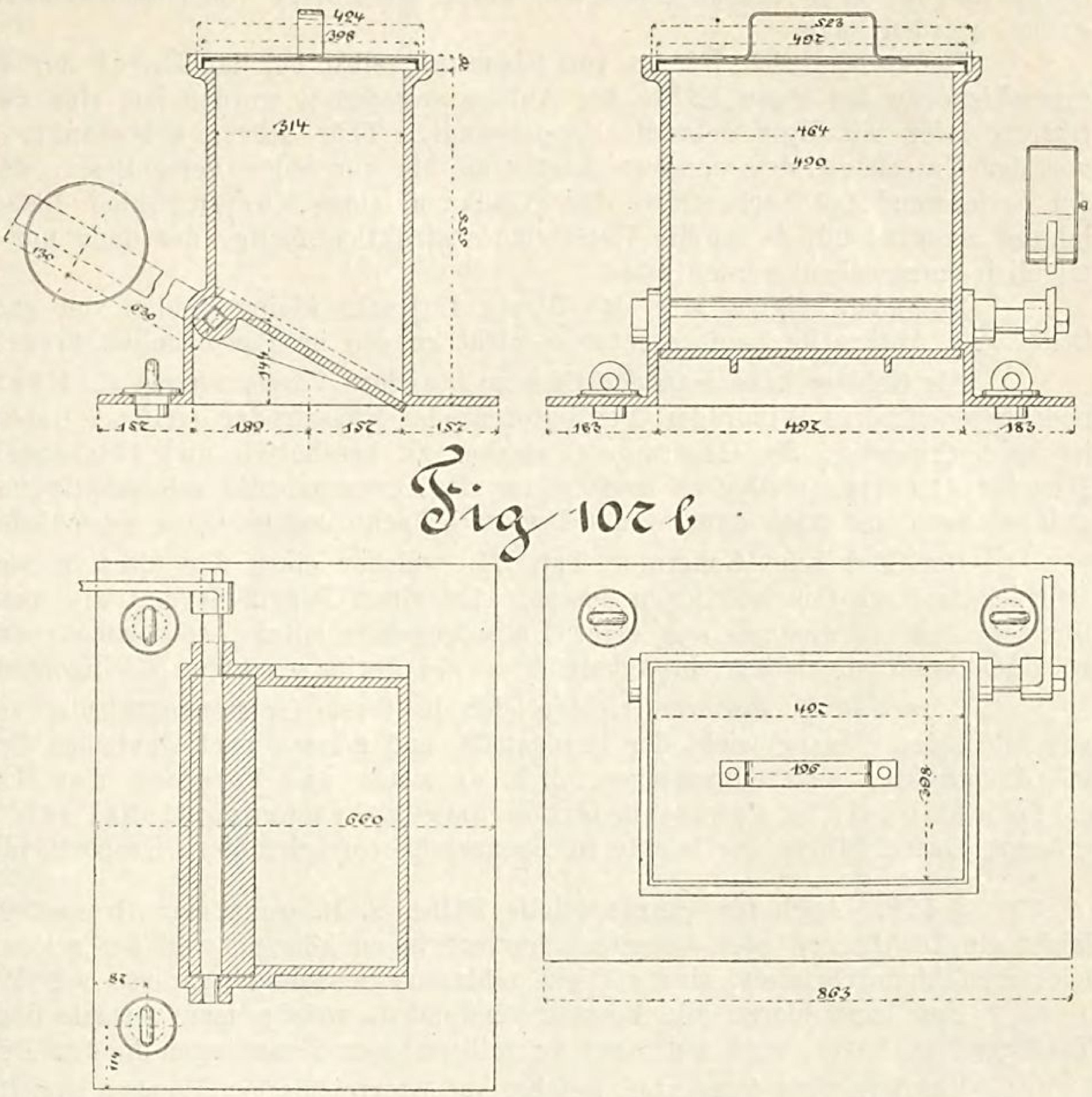


Fig 107b.

Die lichte Oeffnung des Stopfenloches, welche 62 mm beträgt, gestattet wohl schon neben der Untersuchung der Gasqualität die leichtere Arbeit im Generator; durch Ausheben des Deckels, dessen lichte Weite 209 mm beträgt, schafft man sich aber auch für kräftigere Interventionen Raum und Gelegenheit. Jedenfalls ist die Ausstattung der Siemensgeneratoren eine durchgebildete und vollendet einfache gegenüber manchen anderen oft complicirten Construktionen. Ausser den genannten Oeffnungen ist noch in jedem Generatorschacht ein Fuchs zum Gasabzug vorhanden, der im Fall einer Blockanlage, wie in den citirten Fällen, mit noch drei anderen Füchsen sich im aufsteigenden Kamin vereint, wo jeder der Füchse durch eine Schieberplatte nach Belieben abgeschlossen und der entsprechende Generatorschacht dementsprechend ausgeschaltet werden kann.

§ 577. Es ist selbstverständlich, dass, wie schon mehrfach hervorgehoben, auch andere Generatoren und zwar solche, welche direkt dem Schmelzofen und einem bestimmten Brennstoff entsprechend gebaut und abgemessen sind, angewandt werden.

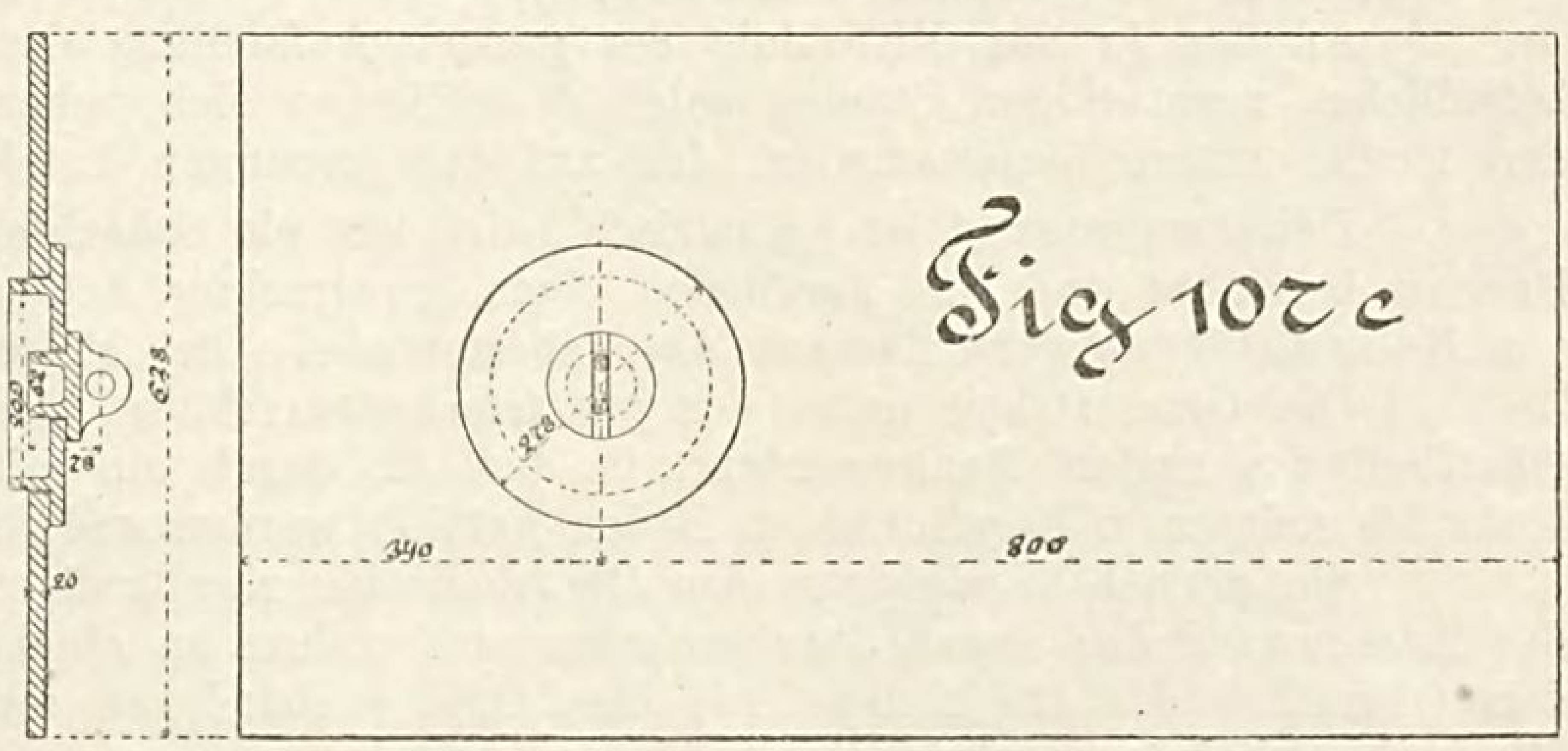


Fig 107c

Der Spielraum in der Anwendung anderer Formen erweitert sich immer mehr, wenn die Regeneration der Gase zurücktritt gegen die Regeneration der Luft, und man nicht mehr gehindert wird, heisse Gase zu machen.

Dass dieses auch beim Siemensgenerator gewöhnlicher Gestalt der Fall sein kann, ist offenbar, denn bei Wegfall des Heberrohres, wie es noch auf Taf. XXXI angedeutet, ist eine schädliche Abkühlung des Gases und ein entstehender Wärmeverlust nicht zu befürchten (vgl. de Boischevalier, a. a. O.).

Mit dieser Steigerung der Gastemperatur und der Einschränkung der Gasregeneration gelangt man nach und nach zur Benutzung geblasener Apparate und zur Benutzung von höheren Brennstoffschüttungen.

Auch die Rücksicht auf die Brennstoffqualität wird minder begrenzt, denn mit Gebläse vermag man auch Brennstoffe von geringerer Beschaffenheit im hochbeschütteten Raum gut und gleichmässig zu vergasen.

Die Versuche, welche bereits a. a. O. erwähnt wurden (S. 369, § 329), haben gezeigt, dass hierin bestimmte Vortheile liegen, und dass den Nachtheilen durch Flugasche etc. bei empfindlichen Schmelzungen, z. B. Glashüttenbetrieb, durch die Anlage von Staubkammern hinter dem Generator begegnet werden kann.

Denkt man sich, wie es von Siemens selbst bei der Percy zur Verfügung gestellten Generatorenskizze an der einen Hälfte der Anlage angedeutet worden ist, eine zweiflügelige, mit Steinen gefütterte oder mit Luft gekühlte doppelwandige Thür schräg aufgehängt, so dass sie den Aschenraum von der Unterkante des massiven Rostes an bis zur Sohle verschliesst, und denkt man sich ferner in der Seitenwand des Aschenfalles den Windkanal eines Körting'schen Bläsers oder irgend einer Windleitung ausmündend, so ist die Unterwindconstruktion fertig, der dann nur durch höhere Schüttung betrieblich entsprochen werden muss.

Besonders eignet sich das Blasen für sehr kleine Kohlen von gasärmerer Beschaffenheit, für Cokes und Anthracite (wofern letztere nicht zu den im Feuer unhaltbaren Sorten gehören).

Als Gebläse kann man natürlich auch andere Vorrichtungen als Körting'sche Bläser gebrauchen und zu jeder Sorte Windräder, Ventilatoren oder Kapselräder greifen. Um solche aber gut auszunutzen, ist es nothwendig, die Generatoren stärker zu beschütten und überhaupt schärfer zu betreiben. Die Rostebene ist dann steiler zu machen, um das Brennmaterial selbstthätig vorrücken zu lassen, und man gelangt nach und nach ganz von selbst zu Schachtconstruktionen verschiedenster Art.

Der Eck'sche Generator Taf. III, welcher eines der ältesten und gleichzeitig bewährtesten Beispiele solcher Constructionen bietet, gibt einen Begriff davon, wie man durch Windeinführung (in Oberschlesien vorwiegend aus einer Hochofengebläseleitung entnommen) auch relativ hohe Säulen bewältigen kann, um heisse, brennbare Gase aus geringwerthigen Kleinkohlen herzustellen.

Derartige Generatoren richten sich in ihrem Grössenverhältniss selbstredend nach der Natur, vor Allem dem Eigengewicht der Brennstoffe, und müssen nach ähnlichen Grundsätzen construirt werden wie die direkten Feuerungsanlagen, d. h. es muss das Volumen des Gasgenerators der Brennstoffdichtigkeit in gewissem Grade umgekehrt proportional sein und nur der der Regel nach grössere Gasreichthum der leichteren Brennstoffe corrigirt diese Proportionalität etwas.

§ 578. Auch für ganz specielle Fälle, z. B. wenn man Brennstoffgemenge vergasen will, die leicht ein Dichtliegen oder Versetzen hervorbringen können, weil der schwerere Gemengtheil durch den leichteren hindurchrieselt, sind stärker geblasene Schachtgeneratoren von Werth.

Man kann hierzu alle Formen verwenden, welche man vormals den Generatoren für Holz und Torf gegeben hatte, wird sich aber zu zeitgemässen Neuerungen in den Details wohl entschliessen.

Ein derartiger Generator, welcher auf österreichischen Werken zum Betrieb des Ofens Taf. XXVII verwendet wird, ist speciell in Fig. 108 abgebildet. Derselbe wird mit einem Gemisch von $^{2}/_{3}$ Cokes und $^{1}/_{3}$ backenden Kohlen betrieben und gibt sehr günstige Resultate im Punkte des Brennstoffverbrauchs. Die Gase gehen mit 600^{0}, nachdem sie einen Waschapparat und einen Staubfang passirt, nach dem Ofen und werden mit vorgeheizter Luft verbrannt.

An den in der Mittellinie der ganzen Aufstellung des Ofens nebst Zubehör auf Taf. XXVII befindlichen rechteckigen Staubsammler *B* schliessen sich jederseits die beiden Generatorenanlagen mit dem runden ersten Staubsammler, der auf der genannten Tafel ebenfalls mit *B* bezeichnet worden ist.

Der Generator *A* ist cylindrisch, wird wie ein Schachtofen mit zwei, auch vier wassergekühlten Formen betrieben und hat am Boden einen regelrechten Schlackenstich, durch welchen die mit Hilfe von Kalkzuschlägen verschlackten Aschenbestandtheile der Brennstoffe entfernt werden.

Die Gase ziehen unter der mit Glockenverschluss versehenen Gicht ab und gelangen in den Obertheil des ersten Staubsammlers, in dem sie durch ein mit Steinen innen wie aussen verkleidetes Rohr bis nahe zum kegelförmigen Boden geführt werden und dann umkehren.

Sie erreichen wiederum den Obertheil des ringförmigen Zwischenraumes des Innenrohres und der Aussenwand des ersten Staubsammlers und gehen an einem Schieber vorbei durch den Fuchs nach dem Oberstück des unmittelbar mit dem Ofen verbundenen zweiten Sammlers, um von da nach dem Vertheilungshahn zu gelangen.

Die Dimensionirung ist so gross, dass nur ein Generator gleichzeitig im Gang ist, und dass der andere zur Reserve dient. Ueber den Betrieb selbst sind nähere Angaben nicht gemacht worden, und es wird derselbe in Pressung etc. wohl gewisse Schwankungen gestatten.

§ 579. Unter den geblasenen Generatoren hat vor Jahren schon der Lundin'sche Ofen für Sägemehlverbrennung die Aufmerksamkeit der Technik erregt.

Seit 1865, wo Lundin seinen Ofen in Munkfors in Betrieb gesetzt hatte, ist derselbe Gegenstand zahlreicher und umfänglicher Erörterungen geworden. — Eggertz, Rinman und Ekman in den Jernkontorets Annaler 1886, Tunner im Jahrbuch österreichischer Montanlehranstalten 1866, Vicaire im Bulletin de la société de l'industrie minérale 1887 u. A. m. haben den Betrieb bearbeitet.

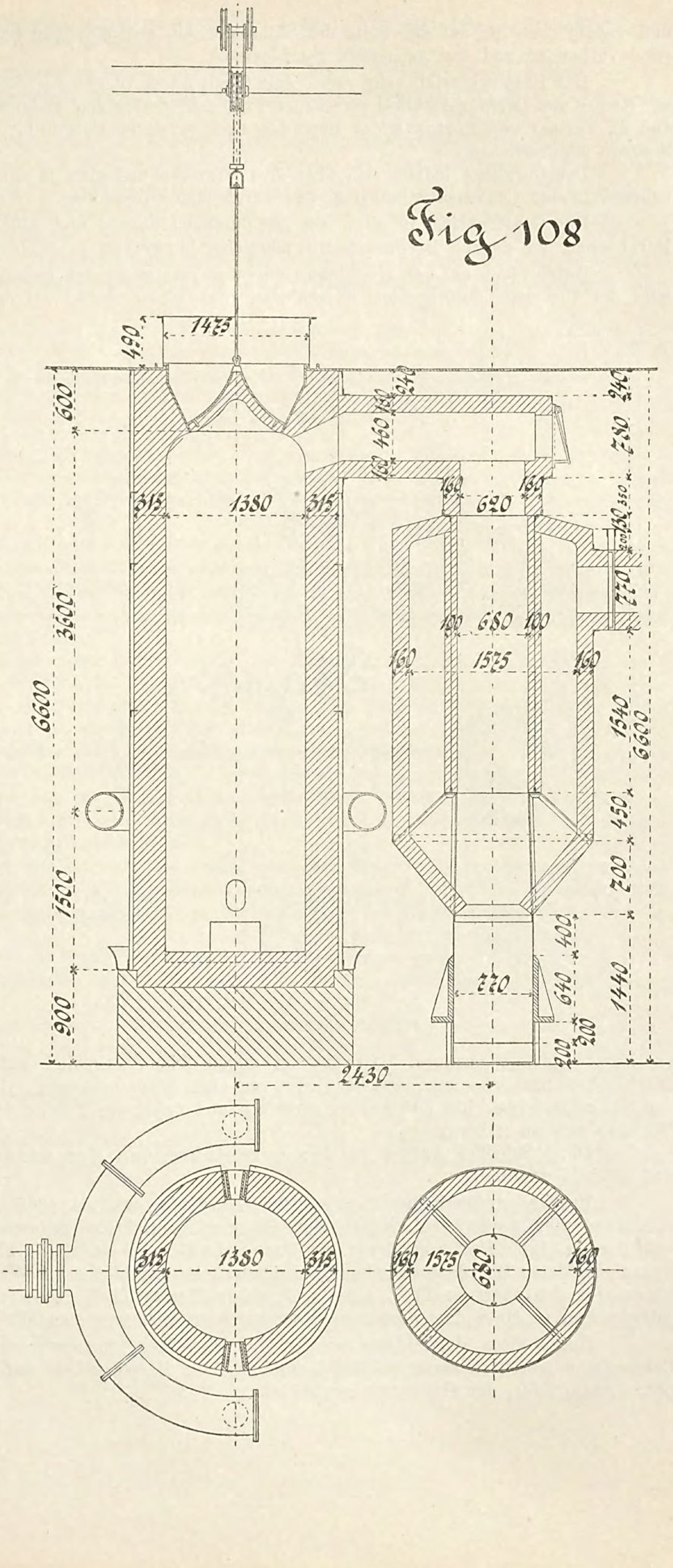
Der letztgenannte Autor gab auch eine ausführliche theoretische Darstellung des ganzen Betriebes und wies die Möglichkeit nach, mit dem gedachten nassen Brennstoff die verlangten Temperaturen zu erreichen.

Seit jenem Zeitraum ist durch fortgesetzte Erweiterung aller Erfahrungen im Gasfeuerungswesen der originelle Apparat etwas in den Hintergrund gedrängt worden, und nur bei Braunkohlenverwerthung in Generatoren fand man einzelne Anklänge an die Lundin'schen Principien, z. B. die Einrichtung von Condensatoren an den Umschmelzöfen des Teplitzer Walzwerkes.

C. Wittenström in seiner umfänglichen Beschreibung des Eisenwerkes Domnarfvet gibt auf Taf. X, Fig. 5—8 die Skizze eines Sägemehlgenerators zum Betrieb von Regenerativöfen, worunter auch der Martinofen Fig. 103a, S. 534, und diese neuere Mittheilung (Jernkontorets Annaler 1879) ist Veranlassung, in Fig. 109 die Skizze des Generators wiederzugeben und seine Hauptmerkmale zu charakterisiren. Die Bauart weicht allerdings von der ursprünglichen weit ab und nähert sich viel mehr der eines Schachtgenerators mit Rost.

Anfänglich zeigte der Lundin'sche Generator einen gebrochenen Rost, wie die Siemensgeneratoren, bestehend aus einem sehr flach gelegten, undurchbrochenen Theil und einem horizontalen Stabrost, welche beide auf einem hohlen Balken oder Träger zusammenstiessen, der als Windleitung benutzt wurde

Fig 108



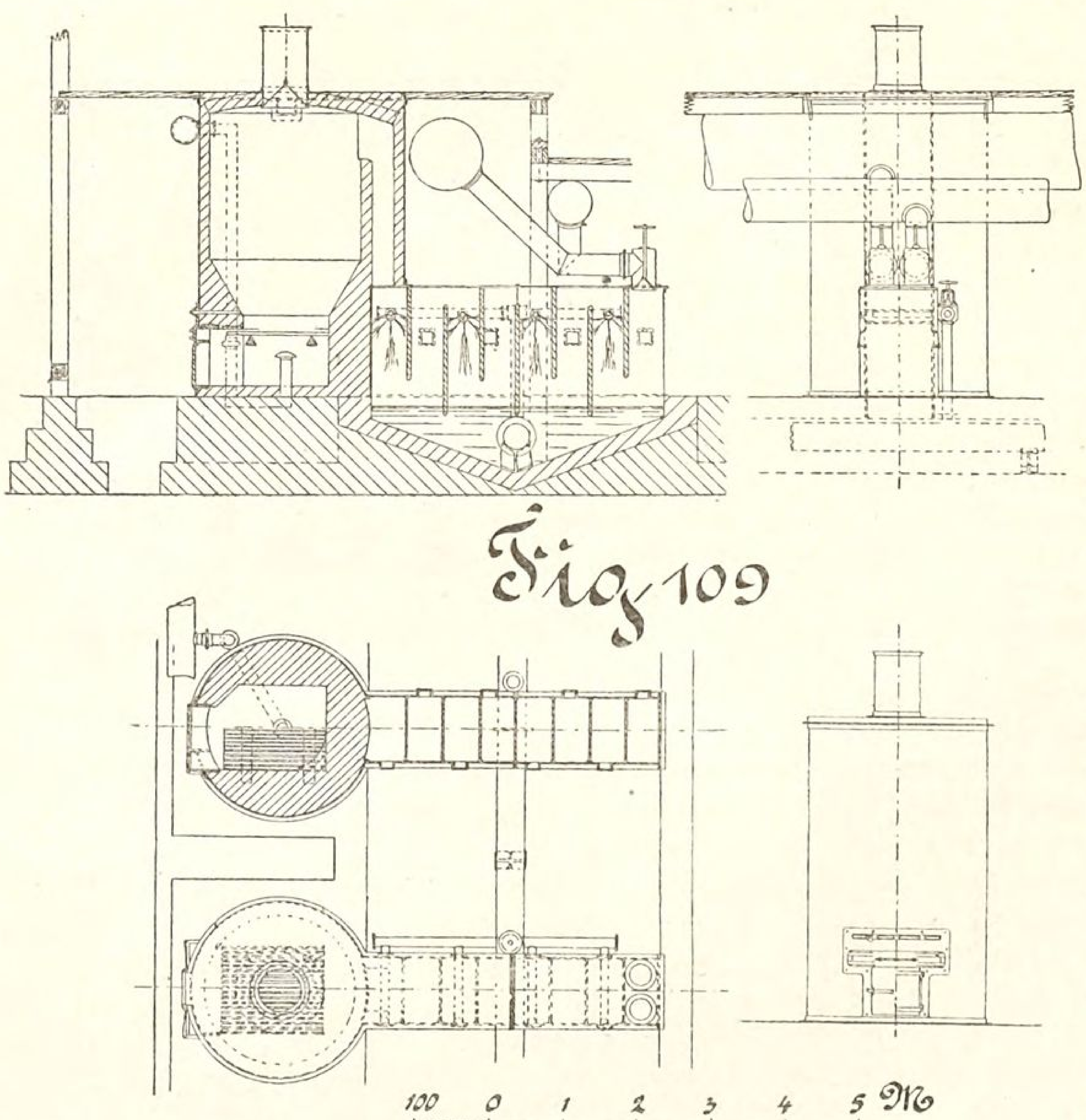
und sowohl oben als auf der Seite des Stabrostes Austrittsöffnungen hatte. Ausserdem war noch Unterwind vorhanden und der Aschenfall geschlossen.

Das Brennmaterial, sehr nasse, zum Theil durch Liegen verrottete Sägespäne, wurde durch einen mit Kegel- und Deckelverschluss versehenen Fülltrichter über dem undurchbrochenen Rosttheil eingeschüttet und im Verlauf und Fortgang des Betriebes nach erfolgter Entgasung durch eine Arbeitsthür nach dem Stabrost hingeschoben.

Der Gasabzug befand sich über dem letzteren und ging in ein Heberrohr über, welches zurückkehrend in den Condensator mündete und durch eine Drosselklappe abgesperrt werden konnte.

Die Construktion in Fig. 109 ist durchaus anders und scheint vor Allem das ungestörte Herabgehen der ganzen Brennstoffsäule möglichst bezwecken zu wollen.

Durch einen auf der gewölbten Generatordecke stehenden metallenen Cylinder mit Kegelverschluss wird der Brennstoff aufgegeben, anscheinend ohne einen Deckel auf den Cylinder zu gebrauchen (vielleicht um das Abschmauchen vor dem Eintritt in den Generator zu erleichtern). Der Schacht ist im obersten Theil cylindrisch, von ca. 2 m Weite und zieht sich nach unten hin durch Einbau einer Rast zu einem quadratischen Gestell von pptr. 1,2 m dicht über dem Rost zusammen. An der Grenze von Rast und Gestell befindet sich eine breite, aber niedrige Visiröffnung, die unzweifelhaft auch zur Regulirung des Feuers benutzt werden dürfte. Der vorn sich anschliessende Aschenfall von Rostbreite ist mit zwei übereinander liegenden eisernen Thüren verschlossen, von denen die obere wiederum mehr zum Rostputzen etc. dient. Mitten unter dem Rost erhebt sich ein Windleitungsrohr, mit einem Deckelstück brausenartig construirt, unter welchem hervor der Wind nach allen Seiten strömt, ohne dass Kohlen durch den Rost in das Windrohr fallen können.



§ 580. Die Gase ziehen hoch oben unter der Decke ab und fallen in einem gemauerten Kanal herunter in das erste Compartiment des Condensators. Derselbe ist gegen früher erheblich voluminöser und besteht aus einem Blechkasten mit Scheidern, welche theils von oben herunterhängen, theils von unten heraufragen und den Strom zwingen, hin und her zu streichen und dabei der Fläche des den unteren Theil anfüllenden Wassers sich zu nähern.

Diese Scheider werden in den herabführenden Kammerungen von Brausen aus bespritzt und gekühlt erhalten.

Bei der anfänglichen Construktion Lundin's, wie sie 1865—1868 bekannt wurde, genügten allerdings vier gegen den eintretenden Gasstrom gerichtete Brausen ohne weitere Anbringung von Scheidern u. dgl. Dafür passirten die Gase später noch einen aus übereinander liegenden Metallstabrosten gebildeten Oberflächencondensator, der mittelst durchlöcherter Wasserrohre berieselt wurde, welche quer durch den obersten Theil liefen und, da in diesem Theil das Gas senkrecht aufstieg, das Condensationsmittel in einer dem Strom entgegengesetzten Richtung ebenfalls abgaben.

Durch diese Vorrichtung wurden die mit einer (angenommenen) Temperatur von 400^0 in den Condensator tretenden Gase von $33/_{00}$ anfänglichem Wassergehalt auf einen solchen von nur $2/_{00}$ gebracht, also $31/_{00}$ der Gasmenge condensirt.

Die Abänderung dieser ursprünglichen Construktion zu der in Fig. 109 dargestellten dürfte sich aus wesentlich zweierlei Gründen motiviren lassen:

1. aus der durch Vergrösserung des Generators und durch in Folge davon veränderten Betrieb desselben, namentlich die stärkere Luftzuführung, verursachten Temperatursteigerung der Gase;
2. aus der Unterdrückung des früher an den Brausencondensator angeschlossenen Oberflächencondensators, der jedenfalls durch rasche Verunreinigung mit Flugstaub etc. nicht bequem war.

Dass der letztere Umstand bei dem stärker geblasenen Schachtgenerator der hier beschriebenen Anlage besonders stark hervorgetreten wäre, lässt sich aus der Anordnung des Bodens schliessen, der dem jetzigen Condensator gegeben wurde.

Trogartig senkt sich die gemauerte Sohle nach der Mitte hin, wo ein Rohr das gebrauchte Wasser durch seitliche Stutzen aufnimmt, während sich die Schlämme um das Rohr herum und unter demselben absetzen können.

Jedes Fach hat ein Visir in der Seitenwand zur Beobachtung des Vorganges im Innern, und auf dem letzten Fach erheben sich zwei mit Ventilen geschlossene Abzugsrohre, welche nach den Oefen führen. Augenscheinlich geben die Generatoren die Gase nach mehreren Oefen ab, denn die Ventilkästen sind mit verschieden weiten Sammelrohren verbunden, von denen das eine einen grösseren, das andere einen kleineren Betrieb zu versorgen bestimmt zu sein scheint.*)

§ 581. Von den sonstigen Generatorformen, welche die Neuzeit ersonnen und in Betrieb gebracht hat, mag hier noch eine der interessantesten erwähnt werden, weil sie in Verbindung mit dem S. 538, § 565 beschriebenen Steffen'schen Ofenprojekt einer Martinanlage (Stahl und Eisen 1887, S. 382) gebracht worden ist.

Es ist der Gröbe-Lürmann'sche Generator, welcher bereits Band I, S. 282, § 649 genannt worden ist, und welcher seit seinem ersten Bekanntwerden 1880 manche Verbesserungen erfahren hat.

Steffen benutzte zu seinem Projekt wesentlich eine von Lürmann selbst publicirte, verbesserte Construktion (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1883, S. 663), damals zunächst in Verbindung mit einem Glasofen gedacht und entworfen.

Der früher einfache, d. h. mit einer Reihe von bis vier Entgasungsretorten arbeitende Generator ist in einen Doppelgenerator verwandelt, doppelt nur hinsichtlich der Entgasung, bezw. der dazu bestimmten Theile des Apparates, insofern, als sich zwei Reihen von Retorten gegenüberliegen, deren Gesammtzahl allerdings nicht grösser ist als die bei dem einreihigen Generator. Durch diese veränderte Disposition der Retorten ist der früher oblonge Querschnitt des Vergasungsschachtes zu einem nahezu quadratischen geworden.

Der frühere Generator ist in zwei Hälften quer gegen die Schachtlängsaxe getheilt und die eine Hälfte um 180° gedreht und gegen die andere gestossen worden, unter Verschwinden der früheren Vorderwand.

Eine weitere Veränderung erleidet aber der früher von dem Retortenscheitel bis zum unmittelbar über dem Rost befindlichen Absatz ca. 2,5 m messende Vergasungsschacht dadurch, dass er auf über 5,5 m erhöht wird, was nur durch weitere Anlage von Formen und Düsen, d. h. durch Blasen auf die Dauer ausführbar wird.

Der früher durch Zug betriebene Generator wird zu einem Gebläsegenerator, ohne die ursprünglichen, eigenthümlichen Charaktere, namentlich die räumliche Trennung von Entgasung und Vergasung einzubüssen.

Fast genau unter jeder der Retorten ist über dem schweinerückenartig abgedachten Boden des offenen Generators eine in gekühltem Stuhl sorgfältig eingesetzte Wasserform angeordnet, in welche ein Düsenrohr mit Visir etc. mündet, das von einem am Scheitel des Verbindungsgewölbes auf Schienen aufgelagerten Rohr herabkommt und ebenfalls an denselben Schienen aufgehängt ist.

Die unmittelbar über der Windeintrittszone zu einer niederen Rast vorspringende Generatorenwand ruht auf einem schweren Gussträger mit eingegossenem Kühlrohr. Vier Stichöffnungen mit Steinstöpseln auf den Windseiten, zwischen Rast und unterem Retortenrand angeordnet, gestatten jede Controlle des niedergehenden Brennstoffes.

Die Gase entweichen unter dem Gewölbescheitel durch eine von zwei einander auf den schmäleren Seiten gegenüberliegende kreisrunde Oeffnungen, umspielen die Retortenheizzüge und gelangen in einen cylindrischen, über einem Wasserkasten mit schrägem Boden stehenden, mit Steinen gefütterten Waschapparat, der durch eine in der Mitte herabgehende, ebenfalls steinerne Wand die Gase zwingt, herab bis auf das Wasserniveau und dann wieder in die Höhe zu gehen, um das Abzugsrohr nach dem Ofen zu erreichen. Bei sehr staubigen Gasen oder auch in anderen Fällen können die Gase auch anders geführt werden, was aus der Quelle zu ersehen ist.

*) Die Mittheilungen Wittenström's geben über diesen Theil der Anlage so gut wie nichts, was nur bedauert werden kann.

Im Ofen selbst werden die Gase mit Luft verbrannt, welche in einem Siemens'schen Regenerator oder auch einem Lürmann'schen, unter dem Ofen direkt angeordneten Lufterhitzer (mit Wärmetransmission, D. R.-P. No. 12331) vorgewärmt sein kann.

Ein solcher Doppelgenerator soll viel weniger als ein einfacher das Aufhängen der Cokes begünstigen, weil die Wände glatt sind und die Cokes beiderseits nach der Mitte zusammenrollen, also auch bei unregelmässiger Bedienung immer mit grösserer Sicherheit kohlensäurefreie Gase geben als der einfache Generator!

Die Generatoren können nach Lürmann mit einer beliebig grossen Anzahl von Entgasungsräumen und Windformen ausgeführt und ebenso mit mehreren Wärmeverbrennungsorten verbunden werden. Die Menge der Gase für jeden wird dann durch feuerfeste Ventile oder durch wassergekühlte Schieber begrenzt und geregelt.

§ 582. Steffen hat bei dem Entwurf seiner Martinanlage, die ja aus drei Oefen bestehen soll, zwei Doppelgeneratoren zu je sechs Entgasungsretorten angeordnet. Der Schachtquerschnitt ist oblong mit gerundeten Ecken, zieht sich ganz unmerklich nach unten zusammen, um dann mittelst eines rastartigen Vorsprunges sich noch mehr zu verengen und mit einer soliden doppelten Gussplatte zu enden. Darunter befinden sich die wassergekühlten Stühle der sechs Formen (jederseits drei) angeordnet, an die sich die Düsenrohre genau anschliessen.

Der Boden des Ofens ist mit einem steilen, d. h. scharfen Scheider versehen, welcher bis in die Rastgegend hinaufreicht, so dass der Wind dagegen anprallen muss. Ebenso sind leichte Querrücken zwischen den Formen angeordnet (wie bei den Röstöfen zu Eisenerz, Band I, S. 166, § 372 u. ff.), welche das Austreten der Rückstände erleichtern.

Der Weg der Gase ist ein zweifacher, d. h. er hängt davon ab, ob die Abhitze zur Vorwärmung des Generatorwindes oder für die angehängten Dampfkessel benutzt wird oder nicht.

Lässt die Brennstoffbeschaffenheit dies zu, so gehen die Gase durch eine der eigentlichen Fortleitung entgegengesetzt gelegene Oeffnung in einen Sammelkanal, fallen durch eine mit Schieber verschliessbare Oeffnung in einen tiefer liegenden Kanal, umspielen von da aus die zwei Reihen der Entgasungsretorten in sechs Parallelzügen, gelangen an der anderen Seite in einen Sammelkanal, aus dem sie wieder in die Höhe steigen, um in die Abzugsleitung zu gelangen. Bei diesem Gang ist die direkte Verbindung der letzteren und des Generators fest und dicht vermauert, ebenso die zu den sechs Parallelzügen führenden Luftlöcher; die Gase sind heiss genug, um ohne Verbrennung die Entgasungsräume von aussen her zu heizen.

Im zweiten Fall wird die Heizung der Entgasungsräume mittelst der frischen Gase durch Vermauerung der dem eigentlichen Abzug entgegengesetzt liegenden Oeffnung ausgeschaltet; die Gase treten der Hauptsache nach gleich in den Aschensammler und nur ein Theil wird den Heizräumen der Entgasungsretorten zugeführt und dort mit Luft verbrannt. Die Verbrennungsprodukte dieses Stromtheiles gelangen mittelst einer direkten Rohrleitung nach den Verwendungspunkten der Abhitze.

Bei der geplanten Verwendung eines geringwerthigen Brennstoffes in der Steffen'schen Anlage (anthracitische, bituminöse jüngere Kohle) musste auf möglichstes Absetzen der Asche gesehen werden, und wurde deshalb das Abführungsrohr in drei Kammern getheilt, in denen die abgeführten Gase zweimal niedergehen und zweimal aufsteigen.

Der Waschkasten von Blech, in welchem das Abführungsrohr, der Aschensammler steht, wird nach Steffen am besten mit Theer abgeschlossen statt mit Wasser, um angeblich durch die sich bildenden Theerdämpfe die Heizkraft der Gase zu verstärken.

Die Gase gelangen nunmehr in zwei abwechselnd zu füllende und zu entleerende Gasometer, deren Betrieb durch hinter denselben eingeschaltete Exhaustoren (wie bei den Destillationsanstalten) aufrecht erhalten wird. Diese Benutzung von Gasometern ist vollständig neu und sichert, wenn auch die Verbrennungsluft durch Gebläse geliefert wird, dem Ofenbetrieb die vollste Unabhängigkeit von atmosphärischen Einflüssen und Druckschwankungen.

Zu bemerken ist noch, dass das eben detaillirte Projekt vor der weiteren Ausführung einer vollständigen Durcharbeitung unterzogen werden wird, bei welcher noch weitere Verbesserungen eintreten sollen.

§ 583. Um die Frage der Generatoren abzuschliessen, erübrigt es noch, die Oefen zu erwähnen, welche in neuester Zeit für Giesserei- und Einschmelzarbeiten von Schrot erbaut worden sind und eine vereinfachte Combination von Generator und Ofen zeigen.

Zunächst ist zu bemerken, dass die früher besprochenen Halbgasfeuerungen von Boëtius, Bicheroux, Ponsard, Gorman u. A. wohl eine für die Flusseisen- oder Flussstahldarstellung ausreichende Hitze zu geben vermögen, dass aber die unmittelbare Verbindung des Ofens und Generators, wie sie bei Puddel-, Schweiss- und Wärmöfen auftritt, den dauernden Erfolg nicht ohne Anstrengungen hat erreichen lassen. Man kehrte für einen normalen Betrieb gern zur ursprünglichen Anordnung von

Siemens zurück, allerdings vielfach mit der bereits angedeuteten Maassgabe, dass die Regeneration hauptsächlich auf die Luft sich zu beschränken habe.

Viel gebraucht wurde in den letzten Jahren die Modification des Siemens-Martinofens durch Eckardt (Firma Gildemeister & Kamp in Dortmund) mit unter dem Ofen liegenden Generator, welcher in seiner Detaillirung wesentlich mit dem Siemensofen übereinstimmt.

Die Profilebene des Generators (im Sinne der obersten nach *AB* geschehenen Darstellung der Fig. 106) fällt mit der kürzeren Ofenaxe zusammen, und der Generator ist gewissermaassen an Stelle der beiden mittleren Regeneratoren oder Wärmespeicher getreten.

Das Gas geht durch zwei schräg führende, dann mit den Luftkanälen in gewöhnlicher Weise alternirend aufwärts gerichtete Züge abwechselnd nach der einen oder der anderen Seite des Ofens, in den es zwischen zwei höher geführten Luftströmen tritt.

Der alternirende Gaszutritt wird durch Schieber im Verticalzug jederseits vermittelt, während die Luft durch eine gewöhnliche Siemens'sche Drosselklappe von der Form Fig. 100, S. 528 bald nach der einen, bald nach der anderen Regeneratorenkammer geleitet werden kann.

Auch andere Dispositionen für die Vertheilung sind zur Ausführung gebracht worden, ohne dass Bevorzugungen der einen oder der anderen zu erkennen wären.

Vorzüge der Construktion sind ausser geringeren Anlagekosten die geringere Entfaltung der strahlenden Oberflächen und ein dadurch verminderter Brennstoffverbrauch. Als Nachtheile kann man die unmittelbare Nachbarschaft von Regenerator und Generator ansehen, wenn nicht für gegenseitige Isolirung durch Theilung der Zwischenwand in zwei durch eine Fuge getrennte Mauern gesorgt ist. Die Isolirung beider durch eine Zwischenschicht von gekühlter Luft würde für grossen Betrieb eventuell angemessen erscheinen. — Auf der der Einschüttöffnung entgegengesetzten Seite des Generators, unter dem Abstich des Ofens, finden sich zwei Stichöffnungen, steil nach unten gehend, um den Niedergang der Kohlen zu unterstützen.

Die Resultate des Ofens werden gerühmt; man benutzt denselben hauptsächlich als Accessorium von basischem Converterbetrieb, welcher wegen seiner Wärmeverhältnisse etc. Schrotproduktion nicht immer absorbiren kann. Ebenso schmilzt man darin Drehspäne von Stahlgegenständen ein, um ein Material für Stahlguss zu erlangen (Grusonwerke in Buckau bei Magdeburg).*)

B. Von den Vorbereitungsöfen.

§ 584. Unter dieser Aufschrift lassen sich alle diejenigen Apparate zusammenfassen, welche zum Vorwärmen der Einsätze sowie zur etwaigen Reinigung des Roheisens (Entkieselungsöfen Taf. I und II) dienen.

Da die letzteren kaum mehr zur Anwendung kommen dürften, nachdem der Thomasprocess und der Siemens-Martinprocess im basischen Herd diese Vorbereitungsprocesse mit getheilter Schlackenbildung überflüssig gemacht und die Verwendbarkeit phosphor- und siliciumreicher Roheisensorten ohne Weiteres zulassen, ist auf das § 318, S. 361 Gesagte und auf die Substanz der Taf. I—III einfach zu verweisen.

Für die sonstigen Vorwärmungen empfehlen sich, sobald besondere Oefen und nicht, wie bei dem Ofen Taf. XXVIII, taschenförmige Erweiterungen des Herdraumes selbst benutzt werden sollen, alle Arten von Schweiss- oder Wärmöfen, wie sie im Walzwerksbetrieb vorkommen und eine specielle Behandlung in der zweiten Abtheilung im zweiten Abschnitt erfahren werden.

Hier ist nur zu erwähnen, dass sich die Eigenthümlichkeit dieser Oefen nach der der vorhandenen Brennstoffe zu richten hat, und dass daher neben Siemensöfen zum Schmelzen auch ebensolche oder verwandte Constructionen zum Heizen und Vorwärmen gebraucht werden dürften.

Es empfehlen sich hierzu besonders die Gasfeuerungen von Boëtius und Bicheroux, wie sie bei den Puddelöfen beschrieben worden sind, doch zieht man alsdann der Platzfrage halber die ersteren wegen ihrer Compendiosität vor. Es kommt ja bei der Schrotvorwärmung nur auf eine mässige Leistung an, da es sich nur um mittlere Rothgluth, nie um höhere, der Schweisshitze naheliegende Temperaturen handeln kann.

Eine Zusammenstellung von Martinanlagen, welche in Stahl und Eisen 1886 gegeben worden ist, gibt nur in sehr seltenen Fällen Vorwärmöfen als vorhanden an und betont wiederholt, namentlich bei der Besprechung der niederrheinisch-westfälischen Werke, das kalte Einsetzen der wiederholten Schrotzusätze in dem Roheisenbade.

Ueber die Construktion der wenigen verwendeten Wärmöfen ist nichts Näheres angegeben, und es wird dabei unzweifelhaft angenommen, dass bei der Seltenheit des Vorwärmens der ganze Process überhaupt von geringer Wichtigkeit ist.

*) Wegen Anlagen ist es gerathen, mit den Construkteuren in Verbindung zu treten, welche ausführliche Prospekte versenden.

Gelegentlich des Betriebes dieser Vorwärmöfen wird noch angegeben, dass bei sehr verrostetem Schrot das Grafenberger Gussstahlwerk bei Düsseldorf Kohlenzusätze zur Anwendung bringe, um die Reduktion der Rosthülle zu verursachen.

Ob der später als Wärmofen für verschiedene Zwecke abgebildete Gasofen zu Domnarfvet nicht auch stellenweise für den Fig. 103a, S. 534 dargestellten Martinofen benutzt wird, ist möglich, da die eine Hälfte dieser sonderbaren Construktion für sich eine andere Temperatur erhalten kann als die andere, und da auch für die Verwendung als Wärm- und Schweissofen diese Doppelrolle der kurzen Beschreibung nach als möglich hingestellt ist, also eine differentielle Heizung beider Hälften wohl ausführbar sein muss.

C. Von den Nebenapparaten zum Giessen.

§ 585. Die Nebenapparate für das Siemens-Martinverfahren sind allerdings eigentlich schon § 558, S. 529 angedeutet worden. Wie dort hervorgehoben, lehnen sich diese Dinge wesentlich an die Einrichtungen der Converteranlagen an, wenn auch durch die Grundrissform und durch die dadurch bedingte grössere Freiheit der Aufstellung eine grössere Verschiedenartigkeit möglich ist als bei den mehr oder minder symmetrisch, bezw. central angeordneten Convertergruppen.

2. Kapitel.

Anlage und Betrieb der Apparate und Einrichtungen zur Ausführung der Erzstahlprocesse.

§ 586. Zur Ausführung der Erzstahlprocesse, wie sie früher S. 319—330 charakterisirt worden sind, ist zunächst zu bemerken, dass die Apparate des Siemens-Martinprocesses auch im Wesentlichen die des Landore- oder Siemensstahlprocesses sind, wie ja auch in der Anwendung von Erzzusätzen beide Verfahren ineinanderlaufen. Es wird daher hier zunächst darauf Hinweis genommen werden müssen, dass alles über die Construktion der Haupt- und Nebenapparate des Siemens-Martinprocesses Gesagte sich auch ohne Weiteres auf die gleichen Apparate des Landoreprocesses anwenden lässt, dass nur die von Friedrich Siemens weiter verfolgte Ausbildung des Landoreprocesses zu einem selbstständigen Erzverarbeitungs- und Rennverfahren (eventuell mit geringem Roheisenbad) specielle, in ihrer Construktion abweichende Apparate bedingt, und dass endlich nur die Ausführung des schmiedbaren Gusses besondere, in Princip wie Ausführung abweichende Apparate bedingt.

Die Apparate und der Betrieb für den Landoreprocess werden daher am besten an den Kopf des Kapitels gesetzt und erhalten eine Erweiterung durch den neuen Ofen, den Friedrich Siemens für den beabsichtigten Erzprocess construirt hat.

Die Apparate, welche die currente Fabrikation des schmiedbaren Gusses verlangt, bilden einen weiteren und zweiten Theil des Kapitels.

A. Anlage der Apparate und weitere Betriebsangaben über den Landore- sowie den neueren Siemens'schen Erzprocess.

§ 587. Die Ausführung des bereits sehr früh, unter Anderem von Uchatius Mitte der 50er Jahre ausgesprochenen Gedankens, Erz und Roheisen durch Zusammenschmelzen zu Stahl zu verarbeiten, ist lange in dem Versuchsstadium geblieben. Der Grund dieser langen Verzögerung ist, abgesehen von der Entwickelung der Converterprocesse, welche alles Andere bei Seite schob und drängte, der Mangel eines geeigneten Apparates gewesen, welcher erst nach der erneuten Entwickelung des Martinprocesses durch Will. Siemens in dem Siemens'schen Ofen gegeben zu sein schien.

Die Erfindung des basischen Verfahrens sowie manche Misserfolge der von Siemens immer weiter fortgesetzten Versuche direkter Reduktion der Eisenerze wirkten mit, die Entwickelung des Landoreprocesses immer mehr zu verzögern und den „elegant ausgebauten Umweg über den Hochofen"*) vorläufig noch als die Hauptstrasse der Flusseisen- und -stahlfabrikation anzusehen.

Auch jetzt noch ist das Landoreverfahren gewissermaassen ein Ausnahmeverfahren für erzreiche Bezirke, welche arm an solchen Brennstoffen sind, die sich zum Hochofenbetrieb eignen, dagegen über Brennstoffe verfügen können, welche auf anderem Wege, namentlich durch Vergasung, zur Herbeiführung hoher Wärmeentwickelungen und Temperaturen verwendbar erscheinen.

Da gleichzeitig immer noch Schrot mit hinzugesetzt werden muss, so bleibt der Erzzusatz ein ziemlich beschränkter, und das Eintränken reducirten Eisenschwammes in halbentkohltem, bezw. entsilicirtem Roheisen tritt gegen das Eintränken sonstiger Betriebsabfälle sehr zurück.

*) Hilgenstock a. a. O.

Da das Erz, wie § 268 u. ff., S. 328 näher ausgeführt worden ist, theils auf die eingeschmolzene Charge gesetzt, theils aufgestreut wird, und da dieses Zusetzen immer unter Abwarten des Reaktionsendes, d. h. des Aufkochens in kleinen Portionen wiederholt wird, so enthält das ganze Verfahren keine von den Manipulationen beim Siemens-Martinprocess abweichende Arbeit, welche eine besondere Construktion der Schmelzöfen rechtfertigen könnte. Es ist mithin das über den Bau und die Ausführung der Siemens-Martinöfen und -anlagen Gesagte durchaus auch für den Erzstahlprocess, wie er seither als Landoreprocess bekannt war, anwendbar, höchstens sind Vorkehrungen zum Vorwärmen des Erzes etc. nothwendig.

§ 588. Durchaus anders gestaltet sich die Constructionsaufgabe eines Gasofens, wenn es sich um die weitergehende Verarbeitung von Erz handelt, als sie bisher im Landoreprocess vorkam.

Es ist theoretisch niemals Grund vorhanden gewesen, an der Reducirbarkeit der Eisenerze durch Kohle, auch wenn jene in geschmolzenem Zustand sich befinden, zu zweifeln, wie in diesem Bande an verschiedenen Stellen auch nachgewiesen worden ist.

Die Ausführung scheiterte wesentlich an der eingetretenen starken Eisenverschlackung sowie auch an der durchaus verschiedenen Reduktibilität der verschiedenen Eisenerze, endlich an der Discontinuität und dem anscheinend nur möglichen kleinen Maassstab des Verfahrens!

Da es geglückt ist (vgl. § 269, S. 328), durch portionenweises Aufgeben von gepochtem Kalkstein während des ganzen Verlaufes des Landoreprocesses die Ausscheidung des metallischen Eisens, d. h. seine Nichtverschlackung zu begünstigen, so kann man annehmen, dass bei hinlänglicher Steigerung der Apparatwärme und hinlänglichem Kohlenzusatz ganz wohl eine dauernde Verschlackung des Eisens ebenso vermieden werden kann wie im Hochofen.

Durch Vergrösserung des Apparates und durch zweckmässige Construktion von Aufgebe- und Absticheinrichtungen konnte man ferner hoffen, die Nachtheile der anfänglichen Discontinuität und des kleinen Maassstabes zu beseitigen.

Da es genug Erzbezirke in der Welt gibt, welche in Folge der in den Steinkohlenbezirken hauptsächlich concentrirten und ausserdem nur in wenigen, durch sonstige Vortheile sehr begünstigten Erzbezirken existenzfähigen Grossindustrie vollkommen concurrenzunfähig geworden sind, da ferner neuerdings geplante Verkehrserleichterungen auch noch manche der seither wettbewerbfähigen Erzbezirke (Lahn, Sieg, Inde in Deutschland) lahm zu legen drohen, ist die Voraussetzung wohl gestattet, dass ein Apparat, welcher bis zu einem gewissen Grade Reduktionsapparat und Converter vereint, und welcher im Punkte der Wärmeproduktion unabhängiger dasteht als der Eisenhochofen und die Cupolöfen der Converterwerke, für solche Bezirke, wie die genannten, Interesse haben kann.

Ob der im Folgenden näher zu beschreibende Ofen von Friedrich Siemens, sicherem Vernehmen nach aus mehrjährigen Versuchen in Landore hervorgegangen, dem vorher präcisirten Zweck praktisch genügen wird, ist eine Frage, deren Bejahung heute ebensowenig berechtigt ist als ihre Verneinung.

§ 589. Friedrich Siemens liess sich (D. R.-P. No. 32309 vom 28. November 1884 ab) ein Verfahren patentiren, welches, im Gegensatz zu den früheren Rennfeuerprocessen von Will. Siemens, keine teigige, mit Schlacken gemischte Luppe, sondern ein flüssiges Metallbad mit darüber schwimmender Schlacke liefern sollte.

Eine Mischung von Eisenerzen mit reducirenden Materialien und Schmelzmitteln (Zuschlägen) sollte nach erfolgter Reduktion in einem hinlänglich leistungsfähigen Ofen bis zur vollständigen Verflüssigung der Schlacke erhitzt und die letztere dann nach Belieben abgezogen oder abgestochen werden. Das zurückbleibende reine Metall würde alsdann zur direkten Weiterverarbeitung fertig sein, ohne eine nochmalige Bearbeitung, wie früher die Luppe der Rennöfen, zu erfordern.

Für stahlartige Produkte mit mehr oder minder grossem Kohlenstoffgehalt entstünde dann ein etwas modificirtes Verfahren, eben dasjenige, welches anscheinend in Landore bereits versucht und in grösstem Maassstabe ausgeführt worden ist.

Man bereitet aus Roheisen, Fluss- oder Gussstahl oder einer Mischung von beiden unter Hinzufügung von Eisen- und Stahlabfällen ein Bad auf dem Herd des betreffenden Schmelzofens, in welches man alsdann die innige Mischung des Eisenerzes mit reducirenden Mitteln und Zuschlägen einbringt. Diese an sich pulverige Mischung ist unter Zusatz von Bindemitteln durch ein Agglomerationsverfahren entsprechend vorzubereiten, wenn man sie einfach in den Ofen aufgeben will. Man kann dieselbe aber auch unagglomerirt mittelst eines eisernen Schiffchens in den Ofen führen und über dem Bad umkippen. Auch kann man die Mischung in einem eisernen Behälter einführen und mit demselben im Bade bis zu völliger Auflösung belassen.

Wegen der im Ofen erhaltenen sehr intensiven Hitze soll sich das Erz sehr bald reduciren, das reducirte Metall sich mit dem vorhandenen Metallbade mischen und die Bildung eines Produktes

von verschieden möglichem Kohlenstoffgehalt veranlassen, dessen weichste Sorten thatsächlich nicht von Schmiedeeisen zu unterscheiden sein würden.

Der nunmehr eingetretene, absolut dünnflüssige Zustand der ganzen Masse bedingt eine vollständige Trennung der Schlacke vom Metall, dessen Qualität durch Erz- und andere Zusätze modificirt, bezw. abgestimmt werden kann.

Erzzusätze sollen dem Bad Kohlenstoff entziehen; durch Zusätze von Ferro-Mangan, Chrom- und anderen Legirungen kann man jede andere Veränderung nachher erzielen.

Der erhobene Patentanspruch lautet:

„Die Herstellung von Flusseisen durch direktes Einschmelzen eines fein pulveri-
„sirten Gemisches von Eisenerz, Kohle und Zuschlägen in einem Flammofen mit Wärme-
„speichern unter Einwirkung einer so hohen Temperatur, dass die Reduktion des Erzes,
„die Abscheidung von der Schlacke und die Ansammlung des gebildeten flüssigen,
„schmiedbaren Eisens nach dem specifischen Gewicht vor sich gehen kann."

Von den früher versuchten Siemens'schen Darstellungsprocessen unterscheidet sich das vorgeschlagene Verfahren vor Allem durch das gleichzeitige Einbringen aller zur Erzreduktion nothwendigen Materialien und durch die möglichste Beschleunigung der Reduktion mittelst einer sehr hohen Temperatur des Apparates. Darin liegt für den Erfinder wahrscheinlich auch die Möglichkeit, grosse Maassstäbe anzuwenden und der Produktivität der mit Hochöfen combinirten Converterprocesse nahezukommen.

§ 590. Der Ofen, in welchem Friedrich Siemens das Verfahren zur Ausführung zu bringen denkt, ist durch Patent vom 12. März 1886, No. 37105 geschützt und ist ein Regenerativofen mit rückkehrender Flamme, wie seiner Zeit der William Siemens'sche Rotator und der Cascadenofen sowie einzelne rotirende Puddler.

Derselbe ist in der Grösse der Patentzeichnung in der Fig. 110 wiedergegeben, weil er viele für die Ofenconstruktionen überhaupt interessante Details aufweist, die, als aus einer bewährten Hand kommend, Aufmerksamkeit beanspruchen.

Der Ofen hat eine länglich rechteckige Schmelzkammer mit geräumiger Flammen- oder Feuerentwickelung, deren Sohle, theilweise horizontal, einen Sumpf bildet, in dem sich das Bad ansammelt, während auf dem geneigten Theil der Sohle, den Feueröffnungen gegenüber, das zu schmelzende Gemisch, Erz, Kohle und Zuschläge, sich herunterbewegt. Durch einen am oberen Ende der schrägen Ebene befindlichen Schlitz wird das Gemisch von einem Vorrathsplatze aus, der über dem Ofen sich befindet, eingelassen und sinkt dem fortschmelzenden und dadurch ablaufenden Theil desselben langsam nach.

Der Sumpf des Schmelzraumes hat, wie die Durchschnitte *ABab* und *CDEF* erkennen lassen, in drei verschiedenen Höhen Zapfenlöcher, von denen das oberste, welches andauernd geöffnet bleibt, zur Abführung der Schlacke dient. Dasselbe liegt im Durchschnitt *CDEF* auf der rechten Seite, wenig unterhalb der Grundrisslinie *LM*.

Das nächst tiefer gelegene Zapfenloch, im Durchschnitt *CDEF* links durchschnitten erkennbar, dient zu den regelmässigen Metallabstichen und liegt der Axe nach in der Linie *CD* des Grundrisses, also näher der schrägen Schmelzfläche als der Feuerseite des Raumes.

Die dritte, noch etwas tiefer gelegene Oeffnung, im Durchschnitt *CDEF* hinter der anderen erkennbar, dient nur zur gelegentlichen vollständigen Räumung des Ofens.

Bei dieser Einrichtung ist der Betriebsgrundsatz festgehalten worden, dass immer ein Theil des Eisenbades im Ofen zurückbleiben soll, so dass nie eine Berührung der Schmelzraumsohle durch die Schlacke stattfinden kann. Dadurch soll auch das fortwährend sich in Form feiner Kügelchen und Tröpfchen bildende Eisen in die grössere flüssige Metallmasse auf dem Herde einsinken und aufgenommen werden können.

Dazu bemerkt die Patentbeschreibung des Ofens nochmals, dass das aufzugebende Erz, „Brennstoff"- und Zuschlagsgemenge sofort nach seinem Eintritt in den Ofen der höchsten Hitze ausgesetzt wird und dass dadurch die Brennstofftheilchen vor der vorzeitigen Verbrennung geschützt werden und nicht unbenutzt verschwinden können (was bekanntlich bei den älteren Rennfeuerarbeiten mit Luppen-Darstellung öfters passirte).

Die Reduktion geht in flüssigem Zustand vor sich und es bilden sich zunächst sehr feine, bald zu Kügelchen zusammenlaufende Eisentheilchen, welche ihres grösseren Eigengewichtes wegen untersinken und theils schon auf der geneigten Ebene, theils auf der Horizontalsohle den Boden erreichen und sich mit dem Bad vereinen.

Die specifisch leichtere, aber zäher fliessende Schlacke bleibt zurück und läuft langsam durch die ganze Länge der Ofenkammer dem Zapfloch zu, um dort nahezu ununterbrochen aus dem Apparat zu treten.

Dieser Abfluss wird in der That nur dann unterbrochen, während Metall gezapft wird, bezw. unmittelbar nachher, bis der Ofen sich wieder hinlänglich angefüllt hat.

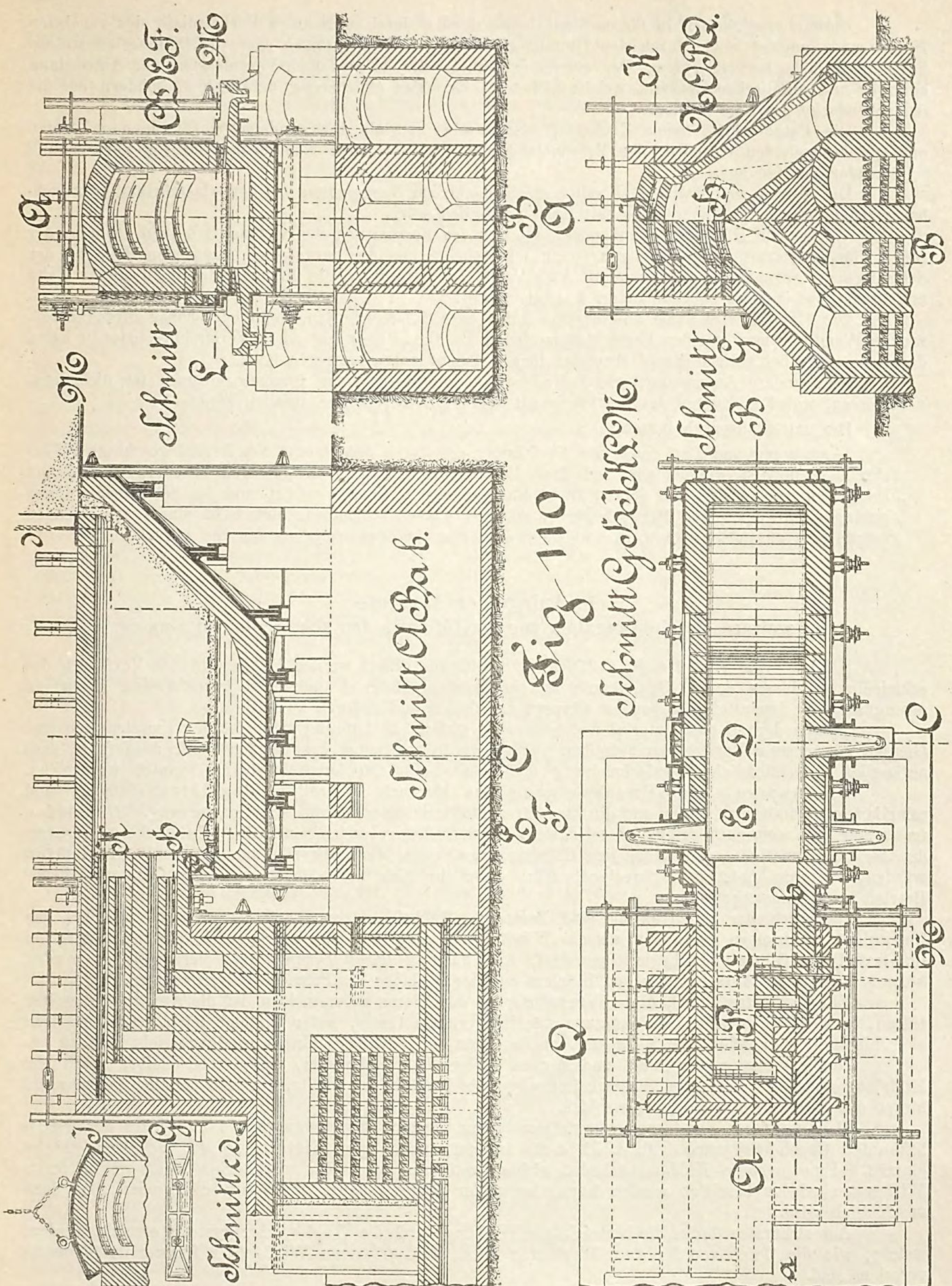


Fig. 110

Unregelmässigkeiten in diesen Funktionen werden durch unrichtige Verhältnisse des geneigten Herdes und Sumpfes sowie durch den Eintritt zu niedriger Temperaturen oder die Bildung zu strengflüssiger Schlacke hervorgerufen. Der zuletzt erwähnte Umstand gibt auch Veranlassung zur Anwendung kalkiger und alkalischer Zusätze, welche nicht mit dem Erz gleichzeitig aufgegeben, sondern auf die Schlackendecke gestreut werden.

Die Patentschrift nennt Kochsalz, Abraumsalze etc. als anzuwendende verflüssigende Zusätze und spricht auch den Vorbehalt der Verwendung anderer, namentlich reinigender und vor Verbrennung schützender Zusätze aus.

Die Natron- und Kalizusätze sollen die Schlacke zur Verwendung bei der Glasfabrikation brauchbar machen, was unter anderen Verhältnissen unmöglich wäre.

Wegen der Höhe der Ofenkammer, die aus der Festhaltung des vielangefochtenen Princips der freien Flammenentfaltung hervorgegangen zu sein scheint, und der daraus sich ergebenden Höhe der der Schmelzebene gegenüberliegenden verticalen Wand, hat Siemens die Flammenlöcher an dieser Seite angebracht und anstatt nebeneinander, übereinander.

Die Flamme wird daher abwechselnd höher oder tiefer eintreten, tiefer oder höher zurückkehren, welche Wandlung man mit den Entleerungsperioden des Ofens ganz gut so in Verbindung bringen kann, dass man z. B. bei vollem Sumpf oben, bei leerem Sumpf unten eintreten lässt.

Eine andere Anordnung, wie bei Siemens' hufeisenförmiger Flammenführung, ist nicht ausgeschlossen, wobei allerdings das Gewölbe nach dem Fuchse zu etwas abfallen könnte.

Der Patentanspruch besteht in:

„Anordnung und Bau eines zur Ausführung des durch das Patent No. 32309 geschützten Verfahrens dienenden Flammofens, bei dem die Zuführung des Gemenges von Eisenerz, Kohle und „Zuschlägen continuirlich am oberen Ende eines geneigten Herdes erfolgt und die Schmelzung dieses „Gemenges auf demselben Herde beginnt, so dass das verschmolzene Metall in einem anstossenden „Sumpfe sich ansammeln kann, aus welchem es zeitweilig oder stetig entnommen wird."

B. Anlage der Apparate und weitere Betriebsangaben zur Ausführung des schmiedbaren Gusses.

§ 591. Wie S. 319 u. ff., § 256 u. ff. bereits ausgeführt worden ist, besteht das Verfahren des schmiedbaren Gusses darin, Gusswaaren aus bestimmtem Material (möglichst graphitfreiem Eisen) in strengflüssigen, Sauerstoff abgebenden Körpern zu glühen und dadurch zu entkohlen.

Wegen der an das Material des Gusses zu stellenden Anforderungen ist das Umschmelzen und Giessen mit grosser Vorsicht zu betreiben und es wurde bereits an der citirten Stelle ausgeführt, dass anfänglich ausschliesslich Tiegelschmelzung und später erst Cupolofenschmelzung benutzt worden ist.

Die Apparate der Umschmelzung sind hiernach wesentlich Tiegelöfen einfacher und complicirter Gestaltung, theils mit direkter Brennstoffbenutzung, theils mit Gasfeuerung. Cupolöfen treten nur auf, wenn sehr reine mittelschwere Brennstoffe vorhanden sind, die jede stärkere Wirkung der Aschenbestandtheile, namentlich jede Silicirung des Satzes durch dieselbe ausschliessen. Flammöfen würden, wie oben erörtert ist, geeignet sein, wenn ihr nicht fortwährender, sondern unterbrochener Betrieb kein Hinderniss wäre.

Bezüglich der Construktion sind besondere Rücksichtnahmen auf den Process nur bei den Schachtöfen insofern vorhanden, als die Windführung derselben eine sehr starke Wärmeconcentration im Gestell des Ofens nicht begünstigen darf, weil dadurch leicht Temperaturen herbeigeführt werden können, welche die Ausscheidung von Silicium aus der Schlacke des Schmelzens verursachen.

Ein bewährtes Mittel, diese Verunreinigung des Eisens zu vermeiden, ist die Anwendung weiter Düsen, bezw. Formen und die Benutzung möglichst reinen Cokes, unter Bildung leicht basischer, doch aber hinlänglich dünnflüssiger Schlacken, aus welchen die Siliciumreduktion weniger leicht möglich ist.

Die Anordnung der Düsen und Formen ist weniger bedeutsam, Hauptsache bleibt, neben der Erzielung eines ausreichenden Flüssigkeitsgrades, die hinlängliche Weite, um jede unnütze Compression hinter den Düsenmündungen zu vermeiden.

Dadurch wird der Temperatursteigerung am besten entgegengearbeitet und jedes der vielen bekannten Cupolofensysteme (vgl. S. 51 u. ff.) ist gut, sofern eine Silicirung des Roheisens nicht eintritt. Eine geringe Kohlung schadet nichts, weil sie durch das nachherige Tempern in ihren Wirkungen wieder beseitigt werden kann, bezw. der Graphit dabei gänzlich verschwindet oder doch unschädlich wird.

Am sichersten dürfte die beabsichtigte Wirkung durch die Wahl solcher Systeme erreicht werden, welche, wie die Oefen von Krigar, Herbertz u. A., mit grösseren Wind- oder Luftzutrittsöffnungen versehen sind.

Bei dem erstgenannten findet zudem eine sehr sichere Ueberhitzung des Roheisens wegen seines Durchganges durch die Cokeshaufen auf dem Boden des Schachtes statt, und man kommt nicht in die Lage, hierzu ein schärferes Blasen zu versuchen.

Hinsichtlich der zu wählenden Tiegelöfen muss auf das im 3. und 4. Kapitel dieses Abschnittes Gesagte verwiesen werden, weil Alles, was dort tauglich ist, auch beim Schmelzen des schmiedbar zu machenden Materials benutzbar erscheint.

§ 592. Die Apparate für das Tempern der erzielten Güsse haben sich aus den einfachsten Anfängen zu zum Theil complicirten Construktionen entwickelt und sowohl im Punkte der Specialeinrichtung als in dem der Heizung wesentlich vervollkommnet.

Nachdem man anfänglich die zu tempernden Gusswaaren mit den angewandten Mitteln (Eisenoxyd, Erz, Hammerschlag, Zinkoxyd etc.) in Töpfe von Gusseisen eingeschichtet und diese Töpfe in nischenartige Backöfen gebracht und eingeordnet hatte, ging man zur Benutzung von gemauerten Behältern über und gelangte schliesslich auch zu beweglichen Oefen. Die einfache Feuerung der Backöfen (halb durch strahlende Wärme, halb durch Flamme wirkend) verwandelte sich dabei in Flammenfeuerung, um später in Gasfeuerung überzugehen.

Karsten (Eisenhüttenkunde, 3. Auflage, 3. Bd., S. 506, § 836) beschreibt einen für das Tempern der Gusswaaren angewandten Ofen, welcher in West Bromwich bei Birmingham angewendet wurde, um gusseiserne Kochgeschirre für die Verzinnung vorzubereiten, welche bekanntlich, wie alle auf chemischen Reaktionen beruhenden Ueberzugsarbeiten, auf Gusseisen um so besser ausfällt, je metallischer die zu bedeckende Oberfläche ist, je mehr sie also den Charakter des Roh- und Gusseisens verloren hat.

Der Ofen besteht aus einer nahezu quadratischen Kammer mit Gewölbe, in der Art der Fig. 41 abgebildeten Giessereidarrkammern ausgerüstet, nur mit der Abänderung, dass die Feuerungsanlage aus zwei in der Längsaxe der Kammer angeordneten Planrosten besteht, welche, in der Mitte nur durch eine Schwelle getrennt, zusammenstossen und seitlich mit feuerbrückenartigen Wänden gegen den unteren Theil der übrigen Darrkammerräume abgeschlossen sind.

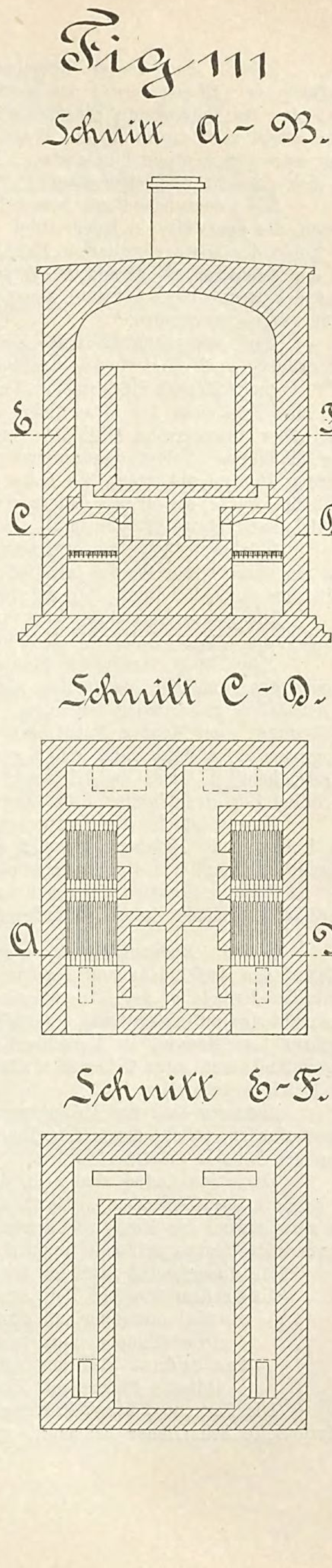
Rechts und links der beiden Feuergruben sind auf der Kammersohle je zwei Geleise für schwere gusseiserne Wagengestelle angebracht, an welchen die cylindrischen, mehrfach aufeinandergesetzten Tempertöpfe mit ihrem Inhalt sich befinden.

Diese Wagen gelangen nur von der einen Seite in die Kammern, wo diese letzteren mit eisernen Rollthüren, gefüttert mit feuerfesten Steinen, abgeschlossen werden können.

Vor den beiden Thüren circulirt auf einem tiefer liegenden Quergeleise eine Fahrbühne, welche es gestattet, aus dem noch weiter vorn belegenen Vorbereitungsraum nach Willkür von einem Geleis desselben auf jedes Geleis des Ofenraumes zu gelangen.

Das Feuer brennt zwischen den beiden mit Temperguss angefüllten Kammerhälften in die Höhe und wird sowohl in den vier Ecken des ganzen Raumes als auch nochmals in der Mitte beider Langseiten durch kleinere Oeffnungen in ein unterirdisches Kanalnetz gezogen, um nach einer Esse zu entweichen, welche seitlich errichtet ist.

Ueber den Betrieb selbst sind ausser der Angabe der Branddauer, 24 Stunden, Mittheilungen nicht gemacht worden, und ist anzunehmen, dass dieser Ofen von pptr. 17 × 19 Fuss Grösse in der angegebenen Frist wohl eine leichte Temperung, nicht aber ein Tempern bis zum vollständigen Schmiedbarmachen hervorbringen dürfte.



§ 593. Eine etwas einfachere Construktion, ohne Gefässe, bietet der Ofen Fig. 111 (dem Lehrbuch der Eisengiesserei des Verfassers, Band II, Taf. XXIX, Fig. 2, 3, 4 entnommen). Derselbe zeigt eine fest eingebaute Einsatzkiste, wie sie die Cementiröfen (siehe unten Fig. 113) haben. Diese Kiste stösst vorn direkt an die Wand des ganzen Ofens und ist daher leicht zugänglich. Auch Töpfe kann man nöthigenfalls hineinsetzen, wenn es sich um die Herstellung sehr kleiner Gusswaare handelt, die sich schlecht verpacken lässt.

Die Feuerungsanlage besteht, wie bei den einfacheren Brennöfen für keramische Zwecke, aus Rosten, die paarweise in jedem Ofen vorhanden sind und ihr Feuer nach der Mitte zu in weite, unter der Sohle der Kiste circulirende Kanäle durch mehrere Füchse abgeben. Die Disposition ist namentlich aus den Schnitten *C—D* und *E—F* zu erkennen, welche zeigen, wie das Vorderfeuer und das Hinterfeuer der Roste dabei getrennt abgeführt und schliesslich erst im Raum, der die Kistenwände umgibt, wieder vereinigt werden.

Der Feuerabzug nach der Esse hin findet statt, nachdem das Feuer das ganze Gewölbe bespült und dadurch auch eine starke Strahlungswirkung ausgeübt.

Das Anfeuern eines solchen Temperofens geschieht langsam (18—24 Stunden), um das Zerspringen, auch das Verziehen der Gussstücke zu vermeiden. Später gibt man 60—80 Stunden Vollfeuer, aber nicht über orangerothe Glühhitze und lässt dann bei theilweise geöffnetem Ofen 24 — 36 Stunden lang abkühlen. Selbst dann nimmt man die Töpfe mit Zangen heraus und lässt sie vorsichtig auf eisernen Platten abkühlen. Zu heiss an die Luft gebracht, erhalten die Gegenstände nicht das beliebte röthlichschwarze Aussehen, sondern werden fuchsig und unansehnlich. Auch ist immer Gefahr da, dass Verziehungen eintreten können.

Stärkere Stücke temperte man früher wiederholt, im Gegensatz zu schwächeren; aber es geschieht dies nie ohne Gefahr für die Qualität der Waare, welche leicht Einbusse erleidet, indem eine zweimalige Erhitzung und Abkühlung eine zu weitgehende Auflockerung der Textur leicht nach sich zieht.

Die ganze Betriebsperiode eines solchen Ofens dauert leicht 10 Tage bei der Herstellung von mittelgrobem Guss. Ueber die Zeiteintheilung gibt die Quelle Folgendes an:

„Die Töpfe werden den Montag eingesetzt und am selben Tag Abends oder in der Nacht steckt „man Feuer an, das bis Freitag oder Samstag stetig gesteigert wird, aber allerhöchstens bis zu einer „deutlichen gelbweissen Glühhitze. Diese Temperatur erhält man wenigstens 24 Stunden, also bis „Sonntag oder Montag Nacht, wobei denn auch alle Zugänge des Ofens vollkommen luftdicht sein „müssen. Es wird dann einer geringen Luftmenge der Zutritt gestattet, um die Kühlung so zu „beschleunigen, dass am Mittwoch dann die vermauerte Aussenseite geöffnet und die Einsätze dem „vollen Zug der frischen Luft ausgesetzt werden können.“

Eine Controlle für Temperatur und Zeit des Temperprocesses gibt es nicht! Beides ergibt sich aus Uebung und Erfahrung, wobei allerdings nicht gesagt ist, dass man nicht einfache Pyrometer gebrauchen kann, wie die Fayencerieen sie z. B. anwenden.

Eine probeweise Herausnahme lässt sich auch einrichten, wenn man bei dem Ofenverschluss die Möglichkeit bedenkt, in ein besonderes Gefäss leicht gelangen zu können.

§ 594. Bedauerlich ist die grosse Wärmeverschwendung bei dem Abbrechen des Processes während des Auskühlens und Leerens sowie des neuen Anheizens. Aus diesem Grunde haben die Construktions-Principien der Ringöfen, wie sie zuerst durch Hoffmann & Licht, später durch andere Construkteure aufgestellt und ausgebildet worden sind, auch für den schmiedbaren Guss, wenigstens in beschränktem Maasse, in Vorschlag gebracht werden können, indessen widersteht der Wechsel der Gegenstände und ihrer Glühzeit vielfach der Anwendung der Ringöfen, sobald nicht ein grosser Umfang des Betriebs vorhanden ist.

Indessen sind zur Erlangung eines continuirlichen Betriebs Ofenconstruktionen ausgedacht und erbaut worden, welche durch Anordnung beweglicher Sohlen das Einsetzen und Herausnehmen erleichtern, ohne den Betrieb zu unterbrechen.

Derartige Oefen sind z. B. die von Tenwick in Grantham, welche durch eine Publikation im Engineering (December 1870, S. 473) bekannt geworden sind. Ein kreisrunder Heizraum empfängt von zwei Seiten das Feuer von besonderen Rosten aus, welches nach erfolgter Circulation zwischen den aufgesetzten Tempergefässen hindurch an die Decke schlägt und durch Oeffnungen in derselben nach zwei Seiten abwechselnd abziehen kann.

Ueber dem Gewölbe liegt ein zweites und der Zwischenraum beider ist in Verbindung

- einmal mit einer auf dem Ofen stehenden Esse, die direkt ins Freie führt, aber durch eine Drosselklappe ganz verschlossen werden kann;
- das andere Mal mit Abzügen, die auf jeder Seite nach unten führen und durch unterirdische Füchse mit Essen in Verbindung stehen.

Die Feuerung, bezw. Heizung wird nunmehr so gehandhabt, dass abwechselnd die eine oder die andere Seite Scharffeuer bekommt, während auf der entgegengesetzten Ofenseite das Feuer nachlässt.

Im ersten Fall wird bei stark gefülltem und gut unterhaltenem Rost das Feuer durch die Centralesse abgeleitet und nur ein Theil zieht auf der anderen Ofenseite durch den geöffneten niedergehenden Kanal ab.

Dadurch bilden sich im Ofen ungleichmässige Wärmeverhältnisse aus, welche an einer Stelle das Anfeuern, an einer anderen die volle Erhitzung und an der dritten die Abkühlung der auf nach und nach herumgedrehter Sohle aufgestapelten Tempergefässe ermöglichen sollen.

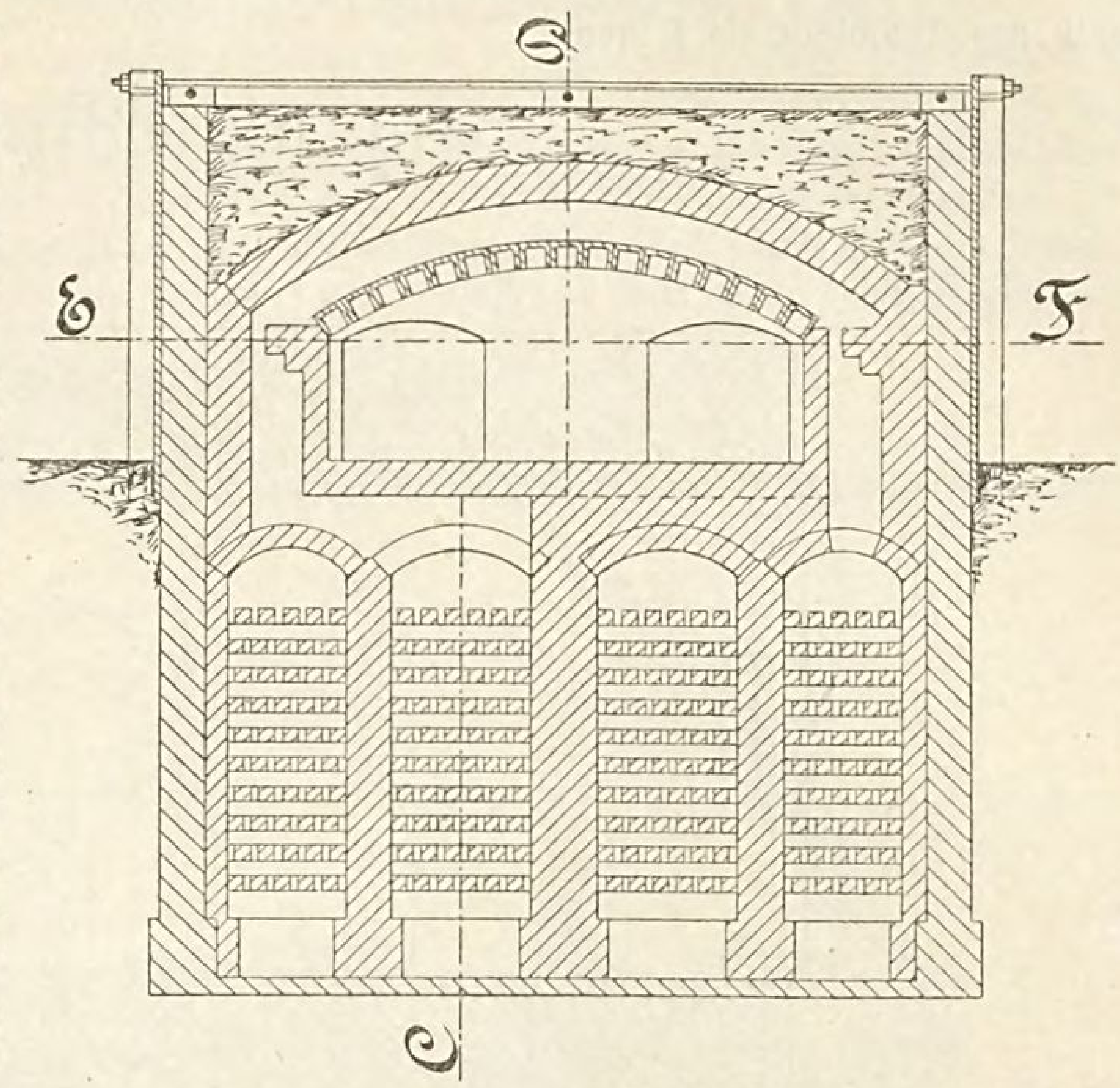
Zur Erleichterung der Manipulation ist die Sohle in sechs Ausschnitte eingetheilt, die einzeln beweglich sind und, vor der Thür angelangt, herausgefahren werden können. Ob sich der Ofen bewährt hat, ist nicht bekannt. (Vgl. Dürre, Eisengiessereibetrieb, II. Band, S. 845, Taf. XXIX.)

Ein grösserer Ofen von Tenwick für andere Gegenstände, Räder etc., hat eine verbesserte Thürconstruktion und Rauchabführung.

Man hat auch versucht, dem grossen Brennstoffverbrauch in anderer Art aus dem Weg zu gehen und durch Tempern des Gusses in der Form selbst sowie durch Eintauchen in flüssige Tempermassen (Verfahren von Poulet-Nagaut) das Ziel zu erreichen, doch ohne dauernden Erfolg, und es bleibt der alte Weg, wenn auch der kostspieligere, doch der sicherere.

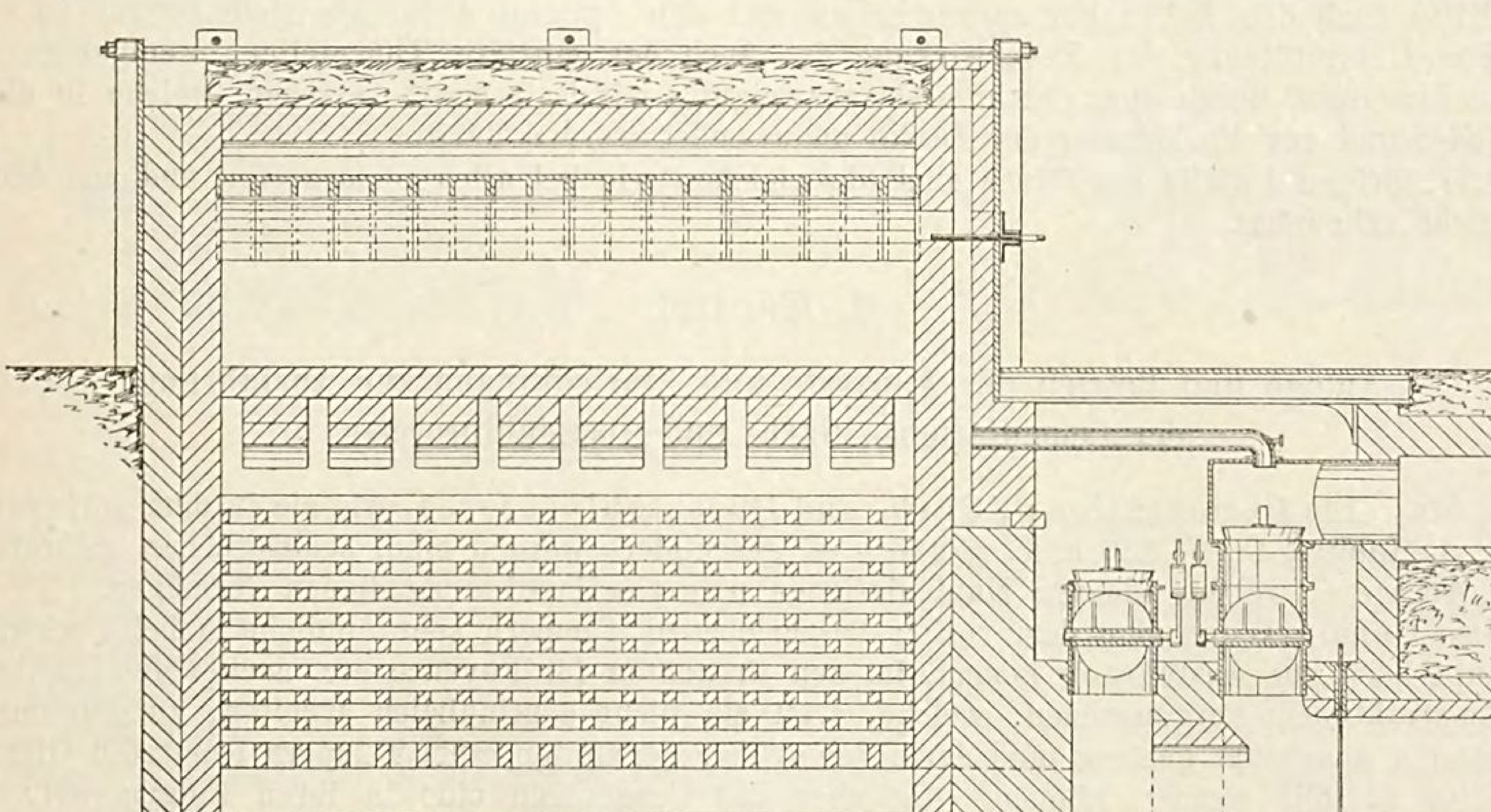
Fig 112

Schnitt A-B.



§ 595. Zum Abschluss sei auf einen in England ausgeführten und angewandten Ofen hingewiesen, welcher nach Siemens' Princip eingerichtet ist und von Francis in Birmingham herrührt

Fig. 112, Schnitt C-D.

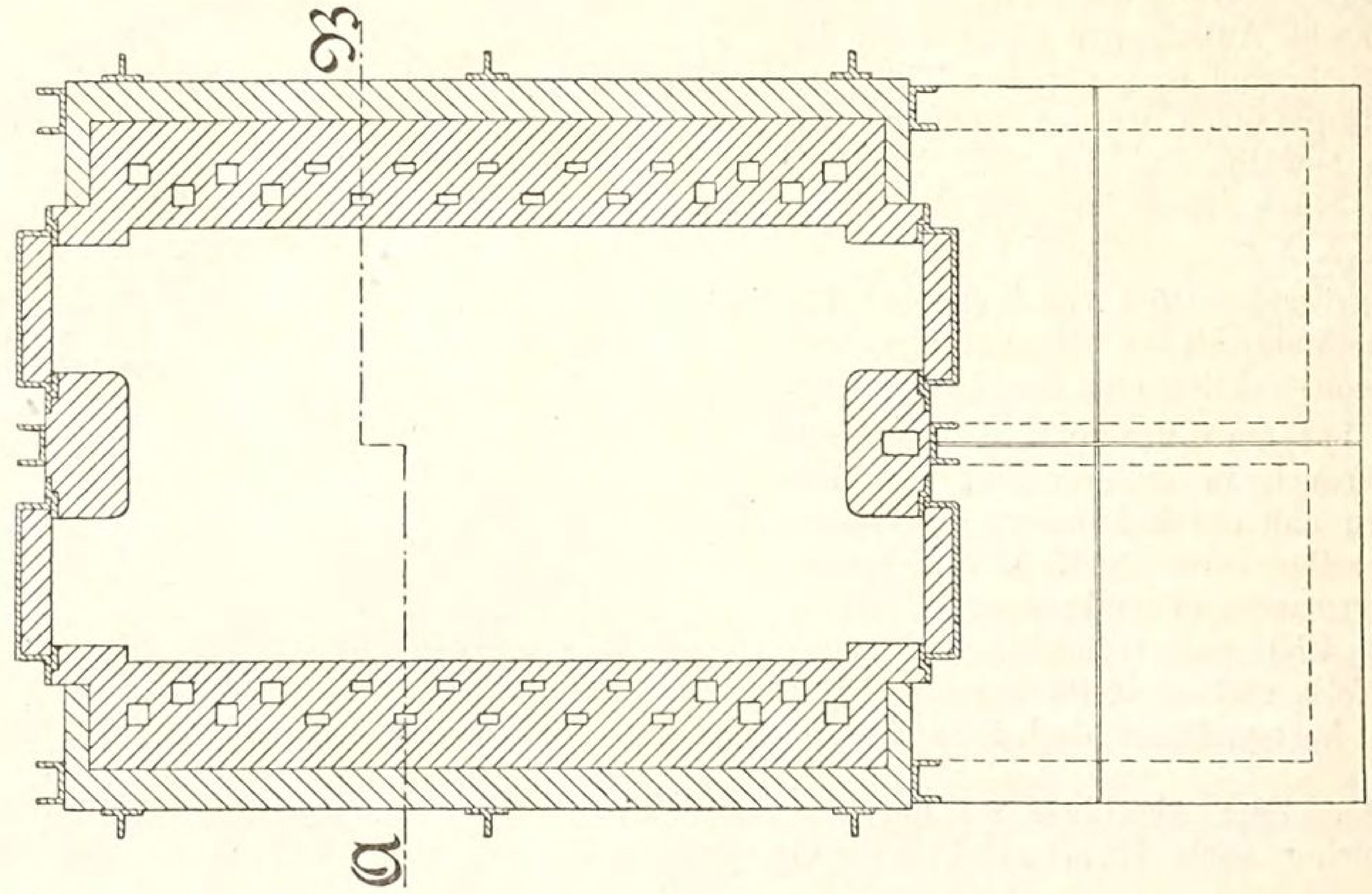


(Publication nach R. Mallet im Practical Mechanics Journal in Dürre's Eisengiessereibetrieb, II. Band, S. 844, Taf. XXIX).

Dieser Ofen ist in Fig. 112 dargestellt und bildet eine vollkommen geschlossene, von vier Thüröffnungen aus, die vermauert werden, zugängliche Muffel, deren Decke aus cassettenartigen Hohlsteinen gebildet ist, während die Seitenwände von einer sehr grossen Anzahl Luft- und Gaskanäle durchbrochen werden.

Die Regeneratoren sind in ihren Längsaxen parallel zur Längsaxe des Ofens angeordnet, die Luftregeneratoren innerhalb, die Gasregeneratoren ausserhalb. Die Muffelsohle wird hauptsächlich durch die Abzüge aus den Luftregeneratoren geheizt, von denen neun vorhanden sind, die aber mehr ausserhalb des Wandmittels liegen.

Fig. 112, Schnitt E-F.



Von diesen neun aufsteigenden Strömen sind die mittleren fünf mit sehr geringen, die vorn und hinten mit je zwei angeordneten übrigen vier mit weiten Austrittsöffnungen versehen. Das Gleiche findet für die Gasaustritte statt, und es hat dieses Detail offenbar den Zweck, die Verbrennung möglichst von der Mitte nach den Ecken hin zu vertheilen und den Apparat dadurch gleichmässiger zu erhitzen.

Zur Unterstützung der Feuerwirkung ist auch der mittlere Thürpfeiler, wenigstens auf der Ventilseite des Ofens, durch eine partielle Gasabzweigung mit Luftzutritt versehen, welche in die Muffel selbst mündet und zur Vorheizung der Decke angewendet werden dürfte.

Die übrigen Details des Ofens sind die gleichen wie bei allen Siemensöfen und aus den Zeichnungen leicht erkennbar.

3. Kapitel.

Anlage und Betrieb der Apparate und Einrichtungen zur Ausführung der Cementations-, Gärb- und Gussstahlprocesse.

§ 596. Die Cementations-, Gärb- und Gussstahlprocesse, wie sie in dem vorhergehenden Abschnitt, 4. Kapitel, C., S. 330 u. ff., § 273 u. ff. geschildert worden sind, beanspruchen mehrere eigenthümliche Apparate, welche anderen Manipulationen nur theilweise zu dienen vermögen.

Das Cementiren, eine dem vorher beschriebenen Tempern sehr ähnliche Arbeit, wird, soweit es überhaupt noch zur Ausführung kommt, in, den Brennöfen für Fayence etc. nachgebildeten, backofenartigen Construktionen vorgenommen, welche, weil sie nicht continuirlich arbeiten, zu den unvortheilhaftesten Oefen überhaupt gehören und darin den früher genannten, zum Tempern benutzten Ofenanlagen an die Seite gestellt werden können. Da aber das Cementiren eine in ihren Folgen weit weniger bedenkliche, weil zu einem geringeren Grad von Vollendung des Produktes führende Operation ist, welcher eine sorgfältige Klassification und eine durchgreifende verfeinernde Verarbeitung folgt, würde bei nothwendiger Vergrösserung eines solchen Betriebes die Benutzung continuirlicher (Ring-) Oefen weit eher zu empfehlen sein, als es bei schmiedbarem Guss angängig ist.

Das früher ausschliesslich für den Cementstahl benutzte Raffiniren durch „Gärben“, d. h. wiederholtes Packetiren und Schweissen, wurde und wird noch in Feuern und Oefen ausgeführt, wie sie zum Raffiniren und Weiterverarbeiten stahlartiger Produkte überhaupt in Anwendung stehen und im Folgenden beschrieben werden. Eine Besprechung würde hier nur Wiederholung sein.

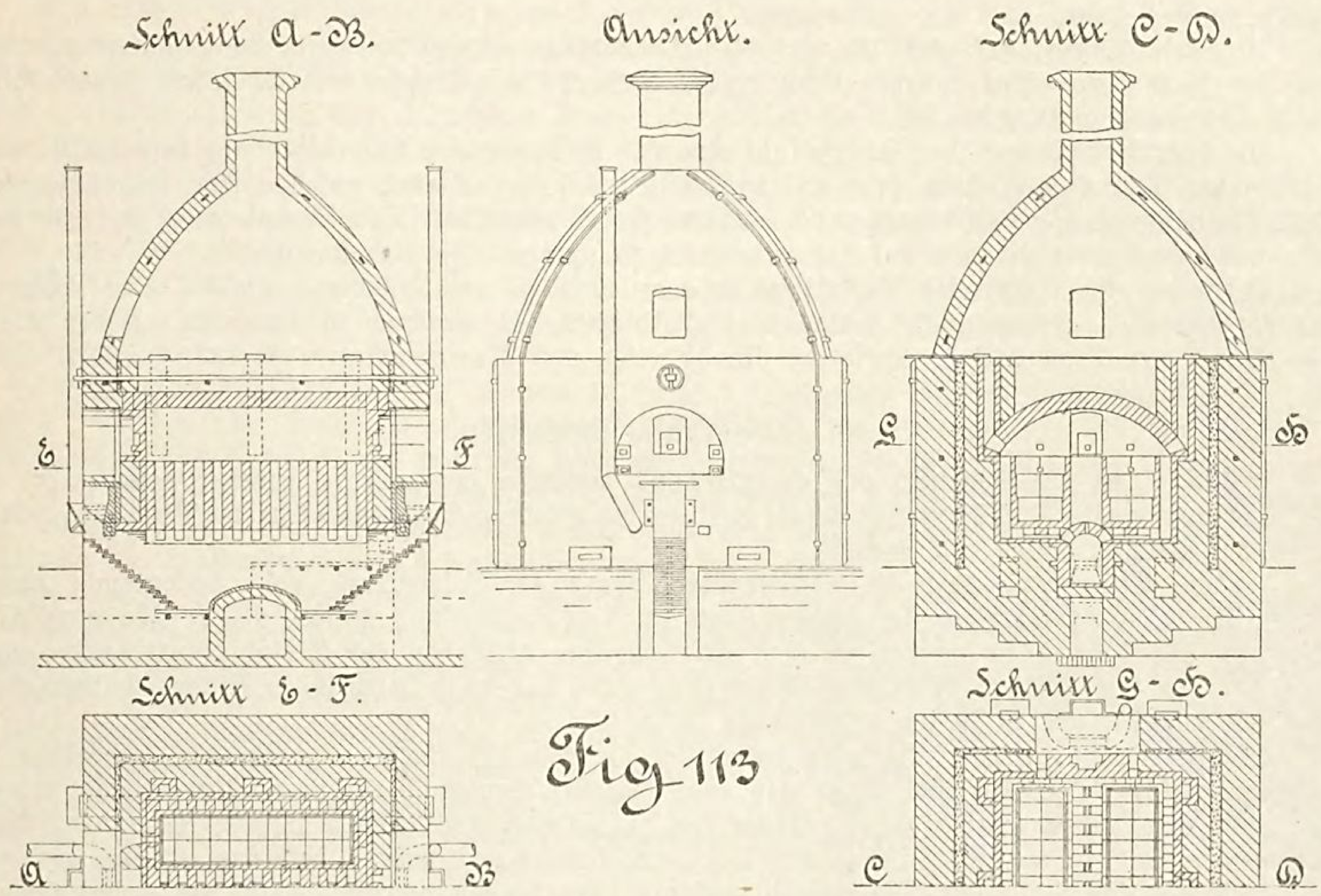
Etwas anderes ist es mit dem Raffiniren des Cementstahls vermittelst Umschmelzens und Giessens; diese Operation, obschon bereits eine Veredelung, führt doch nicht direkt zur Darstellung von fertiger Waare, wie es das „Gärben“ in vielen Fällen vermag, sondern gibt Gussblöcke, welche an sich nur Rohfabrikat darstellen, das erst eine weitgehende Vorarbeitung erfahren muss.

Dieser Umschmelz- und Giessprocess wird durchweg in Tiegeln ausgeführt, die sowohl in gewöhnlichen Windöfen als auch in Flamm- und Gasöfen geheizt werden. Der Entwickelung dieses Giessverfahrens, welches dieselben, auch für die im 4. Kapitel zu erwähnenden Processe angewandten Apparate benutzt, ist die grosse Vollkommenheit der neueren Gussstahlfabrikation vornehmlich zuzuschreiben, welche gelernt hat, einer an sich umständlichen, mit vielen kleinen Einzelmengen arbeitenden Methode durch entsprechende Organisation der Arbeit eine hohe, sonst nur dem Grossbetrieb mögliche Leistung zu geben.

Hiernach zerfällt die Substanz des Kapitels in folgende Abschnitte:

A. Cementationsvorrichtungen und -öfen;

B. Gussstahlöfen und Zubehör (wobei auch der Tiegelfabrikation selbst gedacht werden muss).



A. Apparate und Einrichtungen zur Cementation.

§ 597. Die zur Herstellung des Cementstahls verwendeten Flachstäbe müssen, wie früher dargelegt worden ist, zwischen kohlehaltigen Stoffen, gewöhnlich Kohlenklein selbst, geglüht werden, wobei sie eine Anfeuerungs-, Vollfeuer- und Abkühlperiode von gewisser Dauer ebenso durchzumachen haben, wie es beim schmiedbaren Guss, überhaupt bei jedem „Brand“ abgemessener einmaliger Einsätze geschieht. Es ist zu bemerken, dass der Ofen selbst diese Rücksicht verlangt, wenn überhaupt discontinuirlich gearbeitet wird. Continuirliche Oefen, die immer im Feuer bleiben, aber verschieden warme Zonen haben, wie Ring- und Kammeröfen, verlangen naturgemäss diese Rücksicht nicht, und bei ihrem Gebrauch würde es auf den Einsatz ankommen, wie zu verfahren sein würde.

Die Einschränkung der Cementirarbeit und ihr Ersatz durch entsprechende Frischprocesse, deren Produkte alsdann im Tiegel umgeschmolzen werden, haben aber eine Inanspruchnahme anderer Oefen zum Cementiren vermeiden lassen.

Ein in Oesterreich u. a. a. O. angewandter Cementirofen ist in Fig. 113 dargestellt, nach Zeichnungen der Leobener Sammlung.

In dem Ofen von nahezu quadratischem Grundriss (vgl. die halben Schnitte *E-F* und *G-H*) liegt zu unterst und in der Mittellinie ein doppelter, von zwei Seiten her bedienbarer Treppenrost mit Aufschütttrichter und luftgekühltem Abschlussbalken, welcher die Vorderwand der Feuerung trägt. Das Feuer tritt durch ein den Feuerraum überdeckendes Gewölbe sowohl rechts und links durch weitere, als auch im Scheitel durch eine enge Oeffnung an die Aussenwände der das eingelegte Eisen enthaltenden Kisten, wobei für eine Zuführung von theilweise vorgewärmter Verbrennungsluft durch zwei durchgehende flache, aber niedrige Züge gesorgt ist, deren Anordnung sich rechts und links vom Feuerraum leicht erkennen lässt.

In einer grösseren Anzahl von Kanälen strömt das Feuer an den Kistenwänden in die Höhe, wird vom unmittelbar über der Kistenoberfläche sich erhebenden Zwischengewölbe zurückgelenkt und zieht durch jederseits drei Abzüge in seitliche Verticalzüge nach dem über dem ganzen Ofen sich erhebenden Rauchmantel. Die Oeffnungen dieser Verticalzüge können oben durch aufgelegte Schieber (Chamotteplatten) von einer Oeffnung im Mantel aus theilweise oder ganz verschlossen gehalten werden, so dass eine Regelung des Abzuges sehr leicht ist und je nach dem Feuerzug ausgeführt werden kann.

Der Zugang zum Ofeninnern geschieht durch vermauerte halbkreisförmige Thüröffnungen an beiden gegenüberliegenden Stirn- oder Feuerseiten. Die Vermauerung der ganzen Thürnische enthält eine grössere Beobachtungsthür und noch vier andere Zugänge jederseits; über dem Rand und den Kisten je zwei Visire und darunter eine Oeffnung für den Probestab, der hervorgezogen und zurückgeschoben werden kann.

Die Schnittfigur *A-B* enthält noch die Andeutung einer Planrostfeuerung unter der Voraussetzung der Benutzung eines anderen Brennstoffes, während der Treppenrost für klare Braunkohle oder gasreiche Steinkohle entworfen ist.

Die Blechkamine auf den Feuerseiten sind zur Belebung der Balkenkühlung aufgestellt, während der Rauchmantel selbst von einem gemauerten Kaminstück gekrönt wird, welches ohne Regulirvorrichtung arbeitet, ähnlich wie die Rauchmäntel der keramischen Brennöfen. Die Verankerung ist eine ziemlich kräftige und erstreckt sich auch auf den geschwungenen pyramidalen Rauchmantel.

Bezüglich der Dauer des Verfahrens ist man nicht so eng gebunden wie bei dem Tempern der Gusswaare; besonders kommen die Anfangs- und Endperioden weniger in Betracht. Ueber die nothwendige Dauer der Cementation vergleiche die Arbeiten von Mannesmann (S. 331, § 274).

B. Gussstahlschmelzöfen.

§ 598. Das Umschmelzen des entsprechend sortirten cementirten Eisens, welches zu diesem Behufe eine genügende Zerkleinerung durch Zerbrechen erfahren hat, geschieht in Tiegeln, welche in ausreichend geheizten Oefen sich befinden.

Da die Temperatur und die nothwendige Dauer der Schmelzung sehr bedeutende Ansprüche sowohl an die Leistungsfähigkeit der Apparate als an ihre Haltbarkeit stellen, gehört die Ausführung des Gussstahlschmelzens immer zu den schwierigeren Aufgaben der Eisenhüttentechnik, ganz abgesehen von den inneren, auf Wahl und Beurtheilung des Materials beruhenden Eigenthümlichkeiten des wirklich mit cementirtem Stabeisen arbeitenden Schmelzens.

Die bereits im zweiten Abschnitt des vorhergehenden III. Buches, 1. Kapitel behandelten Tiegelöfen für Eisengiessereibetrieb sind unter gewissen Verhältnissen auch für das Schmelzen des Gussstahls geeignet, da man es ja durch längere Dauer des Schmelzens vollkommen in der Hand hat, die Temperatur noch weiter zu steigern, als es das Roheisenschmelzen verlangt. Für das letztere genügt hellorange, während der Stahl fast Weissgluth verlangt, gewöhnlich indessen mehr wie weissglühend zum Guss, wenigstens zum Ansammeln in grösseren Giessgefässen gebracht wird.

Indem daher bezüglich der allgemeinen Bauart und Wirkungsweise der Tiegelöfen auf das im § 77 u. ff., S. 48 u. ff. Gesagte hingewiesen wird, muss bezüglich der Bauart und Anordnung der speciell für das Gussstahlschmelzen erbauten und eingerichteten Schmelzapparate das Folgende hervorgehoben werden.

Zunächst ist daran zu erinnern, dass wegen der zu erreichenden höheren Temperatur eines Gussstahlwindofens die Dimensionirung des Schachtes etwas reichlicher zu nehmen ist als bei den Gusseisenöfen. Dieser Grundsatz und der bei seiner Befolgung sich einstellende grössere Kohlenaufwand sind Veranlassung geworden, in vielen Gussstahlwerken die Oefen mit mehr als einem Tiegel zu besetzen und unter Umständen die hier und da in grossen Tiegeln ausgeführten Schmelzungen in mehrere gleichgrosse Tiegel zu vertheilen. Da die Grösse der die Wärme wesentlich transmittirenden Tiegelwände im Verhältniss zum Raum durch eine solche Vertheilung wächst, so ist der besonders bei der deutschen Gussstahlarbeit befolgte Grundsatz, mehrere Tiegel in einem Ofenschacht unterzubringen, durchaus richtig und gestattet gleichzeitig eine grössere Concentration des Betriebes auf kleinerem Raum, da man die Tiegel näher zusammenstellen kann, als die Entfernung bis an die Ofenwand beträgt, und da man nur darauf zu sehen hat, dass die grösseren Brennstoffstücke zwischen den Tiegeln Platz haben und frei niedergehen können.

Die für die Oefen zu einem Tiegel passende runde Schachtform wird dann verlassen und geht man zu einer länglich viereckigen oder gerundet elliptischen Querschnittsgestalt über.

Immer ist eine etwas reichlichere Dimensionirung als für Gusseisenschmelzung Hauptsache.

Geblasene Tiegelöfen, welche unstreitig eine gewisse Brennstoffersparniss im Gefolge haben würden, pflegt man aus verschiedenen Gründen, besonders in der Grossindustrie nicht anzuwenden. Die Einwirkung der Brennstoffasche auf die Tiegelwände ist dadurch eine gesteigerte und die Dauer des Schmelzens doch nur unerheblich verkürzt, weil die vollständige Mischung oder der ruhige Fluss der Erhitzung nicht nur durch die Höhe der Temperatur, sondern auch durch einen gewissen Zeitaufwand bedingt werden.

Die grösste Brennstoffersparniss gegenüber dem gewöhnlichen Windofen hat bis jetzt der Gastiegelofen gegeben, welcher den nützlichen Effekt des Brennstoffes verdoppelt, unter Umständen sogar verdreifacht hat. Die trotzdem noch zurückbleibende Unvollkommenheit in der Leistung anderen Oefen gegenüber, ist eine Eigenschaft des Gefässofens überhaupt, die sich deshalb auch kaum erheblich mehr verbessern lassen wird.

§ 599. Die Anordnung und Aufstellung der Windöfen für die Tiegelstahldarstellung muss naturgemäss eine andere sein als für die Zwecke der Eisengiesserei. Bei dem letztgenannten Betrieb ist ja der Tiegelofen nur ein Ausnahmeapparat, der wenig gebraucht wird. Bei der Tiegelstahlfabrikation ist er der Hauptapparat und in fortgesetztem continuirlichen Gebrauch.

Man ordnet deshalb die Oefen so an, dass ihre Entleerung und Füllung, ihre Bedienung und Reinigung möglichst wenig Aufenthalt verursachen und der ganze Ofen unbeschadet seiner Wirkung möglichst zugänglich ist. Er wird deshalb in die Hüttensohle gelegt, so dass die Deckelstücke auf derselben zu ruhen scheinen, nur ein kleiner Vorsprung deutet die Umrisse der Ofenwand äusserlich an. Unter der Hüttensohle des Schmelzhauses befindet sich ein hinlänglich hoher gewölbter Raum, um einem daselbst stehenden Arbeiter das Arbeiten am Rost des Ofens bequem zu gestatten und dem Rost auch die nothwendige Verbrennungsluft zuzuführen, da die äussere Luft durch die Zugänge in den gewölbten Gang frei einzuströmen vermag.

Die Oefen stehen in einer Reihe dicht nebeneinander an der einen Wand des Unterraumes und nur die schmalen Pfeilerstücke trennen die Aschenfallräume voneinander, welche sich wie Nischen in dem Unterraum ausnehmen.

Die Skizzen Fig. 114 und 115 deuten an, wie in englischen Gussstahlfabriken die Einrichtung gewöhnlich getroffen war (Jeans, Steel its uses etc., Fig. 332). Diese Disposition wird auch heute noch von vielen englischen Fabriken festgehalten, trotz der augenscheinlichen Vorzüge der Gasfeuerungen.

Jeder Ofen der abgebildeten Anlage hat Raum für zwei Tiegel und zeigt eine ausgebauchte, dabei im Grundriss elliptische Schachtform, welche unstreitig sehr vortheilhaft für die ganze Heizungsfrage ist und die Wirksamkeit des Brennstoffes unterstützen muss.

Der Fuchs ist nur eng, führt aber in eine Esse von nahezu dem Querschnitt der ganzen Rostfläche, so dass wohl eine weitergehende Hemmung, aber keine Stauung des ganzen Zuges verursacht wird. Die Essen sind gruppenweise zusammengezogen um über das Dach hinaus stabiler und widerstandsfähiger gegen Witterungseinflüsse zu erscheinen. Der untere Theil der Essen über den Oefen ist durch Querbänder stark verankert, ein Beweis für die an dieser Stelle noch sehr starke Feuerwirkung des Ofens. Die Essen müssen, wie der Querschnitt zeigt, die Ventilation der Unterräume zum Theil mit übernehmen, doch dürfte es genügen, nur eine Minderzahl der Kamine mit dieser Funktion zu belasten, wie denn auch ein besonderer Kamin über dem Trockenrost am Vorwärmofen (rechts) angeordnet, genügt, die Hütte selbst zu ventiliren.

Hinter der Kaminwand ist ein Thonvorrathsraum mit zwei Trögen, davor ein Vorplatz für den Tiegelthon, daneben in der Verlängerung der Ofenreihe ein Raum zur Anfertigung bezw. Aufbewahrung der Tiegel, während der lange Raum davor als Kohlenmagazin und der andere lange Raum vor der Schmelzhalle als Cokesraum benutzt wird.

§ 600. Der Betrieb derartiger kleiner Werke verläuft ungefähr so, dass frühmorgens die zur Entfernung der Asche und Schlacken am Vorabend herausgezogenen Roststäbe eingesteckt, die Tiegeluntersätze oder Käse (cylindrische kurze Thonscheibe) und die auf dem Vorwärmroste etwas angewärmten Tiegel eingesetzt und mit Kohlenfeuer, das später mit Cokes gedeckt wird, umschüttet werden. Sobald das Ganze gleichmässig brennt, füllt man den Ofen auf, bis die Tiegel bedeckt erscheinen, welche desshalb auch stets, mit ihren Deckeln versehen, eingestellt werden müssen, nachdem man sich von ihrer Ganzheit überzeugt hat. Sobald Ofen und Tiegel weissglühend geworden, werden sie vorsichtig mit dem kleingeschnittenen und etwas angewärmten Rohmaterial besetzt und zwar so dicht als möglich, um unnütze Verzögerungen zu vermeiden.

Der Einsatz ist, natürlich der Tiegelgrösse entsprechend, abgewogen worden und beträgt für die hier berührten Verhältnisse ungefähr 27 bis 18 Kilo per Tiegel. Man benutzte auch in den alten

Anlagen einen eisernen Trichter, um die Eisenstücke sicher in den Tiegel herabgleiten lassen zu können, in welchem dann ein anderer Arbeiter die Stücke zurechtlegt und ordnet. Nach wiederaufgesetztem Deckel wird der zweite Tiegel des Ofens ebenso besetzt und nun weiter gefeuert. Nach und nach werden die Oefen heisser und steigt die Energie der Verbrennung, so dass auch die Versorgung des Ofens mit Cokes immer rascher vor sich geht. Gegen das Ende der Schmelzung muss die Menge des nachzusetzenden Brennstoffes nach dem Zustand des Stahls bemessen werden, den man häufiger untersucht — um zu starke Beschüttungen und Brennstoff- sowie Zeitverluste möglichst zu vermeiden. In der Zwischenzeit werden die Chargen für die nächste Schmelze abgewogen und zusammengesetzt, die Gussform zurecht gemacht und mit brennendem Theer ausgeblakt, um das Anhängen des Stahls zu hindern.

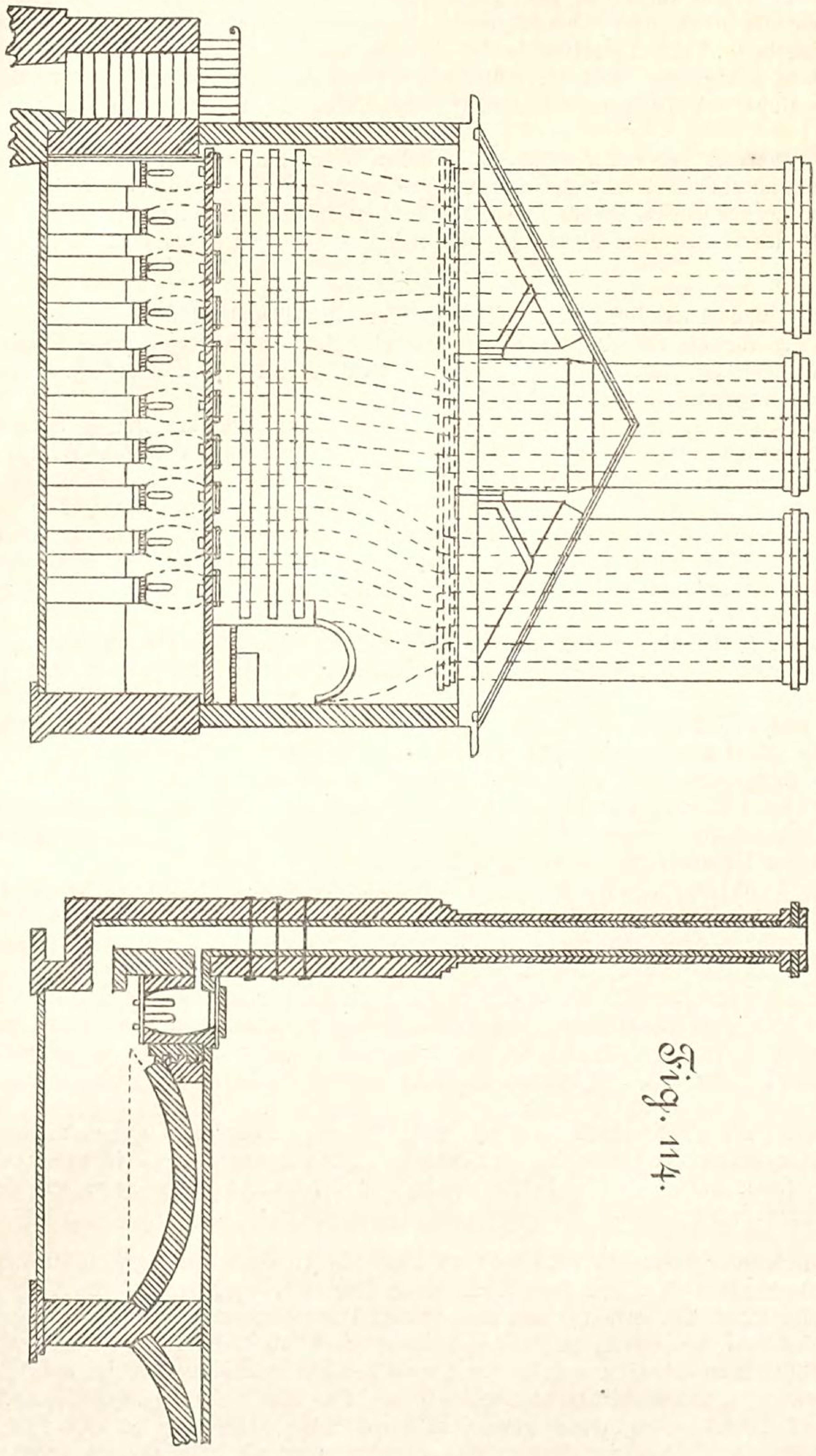


Fig. 114.

Nach erfolgtem Ausgiessen wird, im Fall der Tiegel noch brauchbar erscheint, derselbe mit dem Deckel bedeckt in den Ofen zurückgesetzt, mit Cokes beschüttet und ganz in derselben Weise angefeuert und besetzt. Diese Oefen verbrauchten 4 Tonnen Cokes für 1 Tonne Stahl, weshalb man bei der Einführung des Processes in Deutschland grössere Oefen mit 4 Tiegeln baute und in Betrieb brachte. Dadurch gelangte man zu besseren Resultaten und verbrannte nunmehr $2^3/_4$ bis $3^1/_2$ Tonnen für verschiedene Sorten, so dass im Mittel 3 Tonnen als Verbrauch anzusehen sind.

Manche englische und andere Giessereien haben das untere Arbeitsgewölbe durch Eisenconstruktionen ersetzt und die Ofenschächte in besonderen Mauerdämmen angebracht.

Was die Schmelzdauer anlangt, so braucht man zum ersten Schmelzen 4, zum zweiten 3, zum dritten 2 bis 3 Stunden, wobei zu bemerken ist, dass man die Chargen nach und nach geringer nimmt.

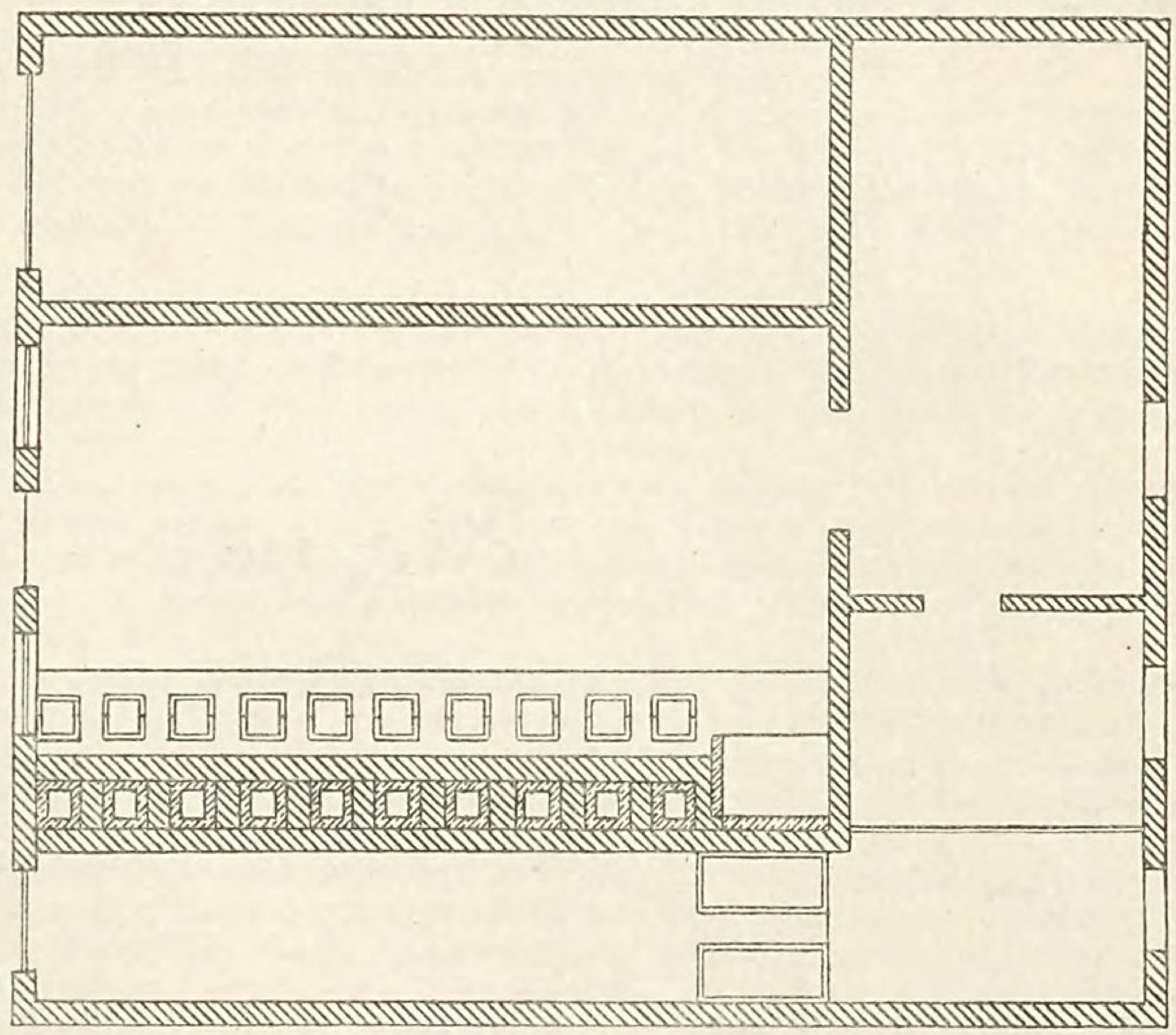
Einen gewissen Vortheil erzielte man auch dadurch, dass man überhaupt grosse Chargen schmolz, die unter Umständen bis zu 100 Pfund gingen und darüber. (Vgl. Jeans a. a. O., S. 336 und ff.)

§ 601. Der hohe Kohlenverbrauch in den gewöhnlichen, wenn auch thunlichst verbesserten Windöfen führte nach und nach zu ganz anderen Bestrebungen, die Feuerungsanlagen zu verbessern.

Die erste derselben bestand im Versuch, die Tiegel in einen Flammofen einzusetzen, welcher in gewöhnlicher Weise befeuert wurde. Es geschah dies schon vor langer Zeit zuerst in dem Stahlwerk von Falkenroth, Kocher & Co. durch den verstorbenen Direktor Kocher, welcher den Fig. 116 dargestellten Flammofen construirte.

Dieser Ofen, der bis 6 Tiegel fassen konnte, wurde von einer hochbeschütteten Rostanlage bedient, welche gewissermassen schon einen Uebergang zur Gasfeuerung vorstellt und die Zuleitung von Verbrennungsluft durch die nur lose verschlossene Brennstoffaufgabethür nothwendig gemacht haben muss, da anderweitige Zuführungen von atmosphärischer Luft aus der Zeichnung sich nicht ergeben. Das Feuer gelangt durch einen breiten, aber niedrigen (175 mm) Schlitz oder Flammloch in den 525 mm hohen Schmelzraum, in welchem die Tiegel stehen, und aus diesem durch einen wiederum sehr zusammengedrückten Fuchs in den nach unten führenden weiten Essenkanal. Der enge Ein- und Austritt des Feuers in den Ofen sollte jedenfalls auf eine bessere Mischung hinwirken und der Kocher'sche Ofen bietet in dieser Beziehung ein interessantes Constructionsbeispiel. Mangelhaft kann man einzig und allein die Anordnung der Einsatzöffnung nennen, welche sich auf der entgegengesetzten Seite nochmals wiederholen müsste, um die rechte Bequemlichkeit beim Besetzen und Entleeren zu geben. Ein anderer Missstand des Ofens, wie jedes Tiegelflammofens, ist die Unmöglichkeit der Controlle des Schmelzens. Man kann in keinen Tiegel sehen, ohne denselben herauszunehmen, und muss deshalb empirisch, d. h. nach Erfahrungen arbeiten, die mehr zufällige als beabsichtigte sind.

Fig. 115



Der Herd ist auf poröser Unterlage mit Sandbettung hergestellt worden. Später ist in diesem oder einem ähnlichen Ofen zu Haspe der Versuch geglückt, auf offenem Herd zu schmelzen, indess zog man doch vor, zum eigentlichen Siemens-Martinofen späterhin überzugehen.

§ 602. Als eine vollkommene Lösung der Brennstoffersparnissfrage beim Tiegelofenbetrieb kann man wohl einzig und allein den Siemens'schen Gastiegelofen ansehen, welcher in den allermeisten deutschen, französischen und englischen Tiegelstahlfabriken den Windofen ersetzt hat.

Ein solcher Ofen aus einer westfälischen Anlage ist auf Tafel XXIX und XXX dargestellt, wie er zumeist als Doppelofen erbaut wird.

Der Schmelzraum eines Ofens ist ein langer, in vier Haupt- und zwei Vorkammern getheilter Raum, welcher nach oben sich zusammenzieht und mit einer Sandsohle versehen ist, auf der die Tiegel aufgestellt werden. Zwei Deckelstücke verschliessen jede der 4 Kammern, während die Vorkammern oben durch die Mauerung der Ofenconstruktion selbst verschlossen werden.

Die Sohle wird durch eine eiserne trägerartige Armatur getragen, in welcher zum Entfernen etwaiger Ausbrüche der Tiegel fortnehmbare Verschlüsse sich befinden, die von einem unter dem Ofen

sich hinziehenden Gang aus entfernt werden können, welcher von der Ventilkammer aus bis zu einer zwischen den Hintermauern der Schmelz- und der Vorwärmöfen ausgesperrten, von der Seite zugänglichen Kammer führt. Die Schmelzräume, wie auch die Vorräume erhalten das Feuer von der Breitseite der ganzen Anordnung aus; wie die bezüglichen Figuren, besonders der Grundriss Fig. 3 der Tafel XXX

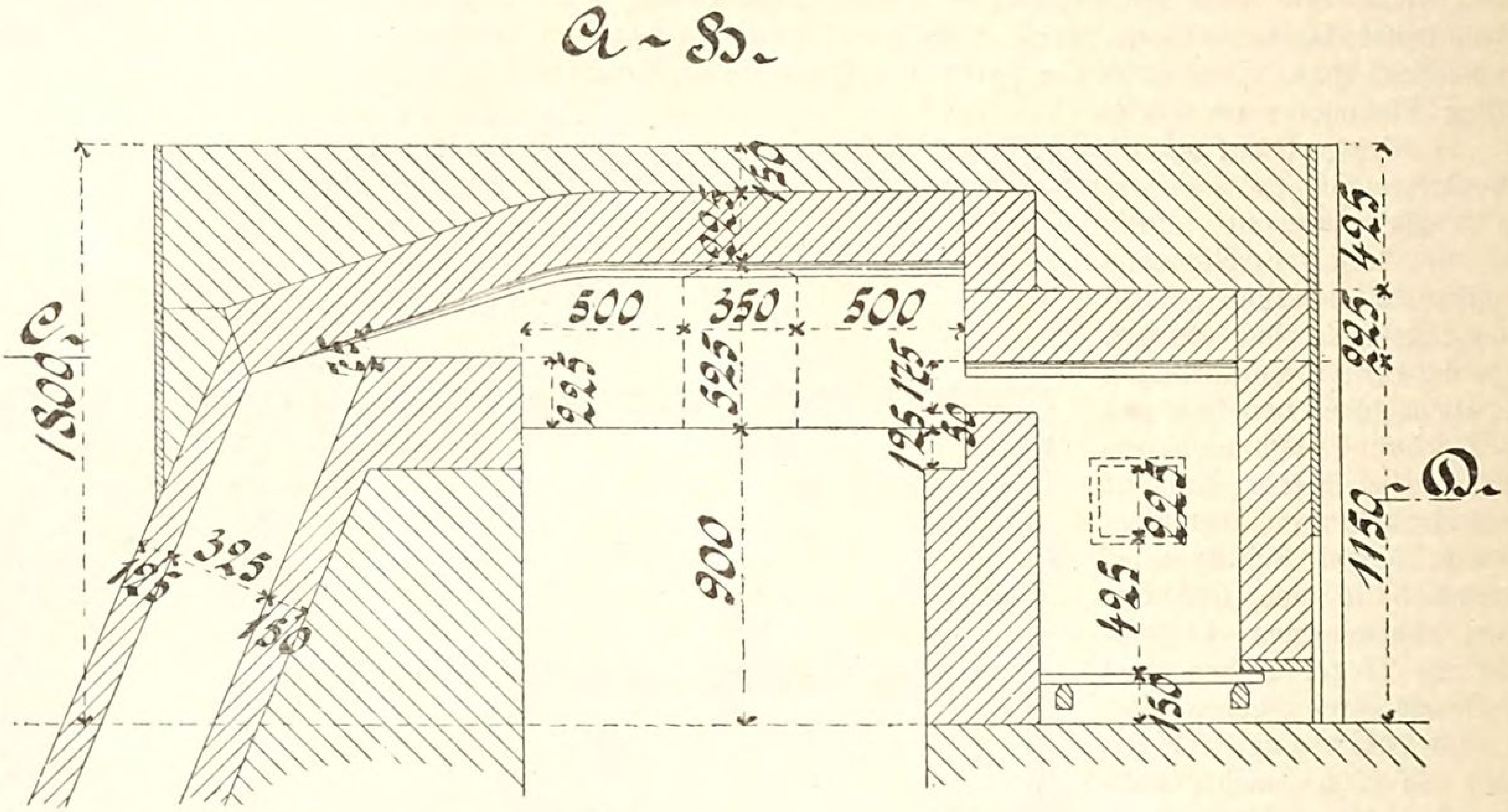
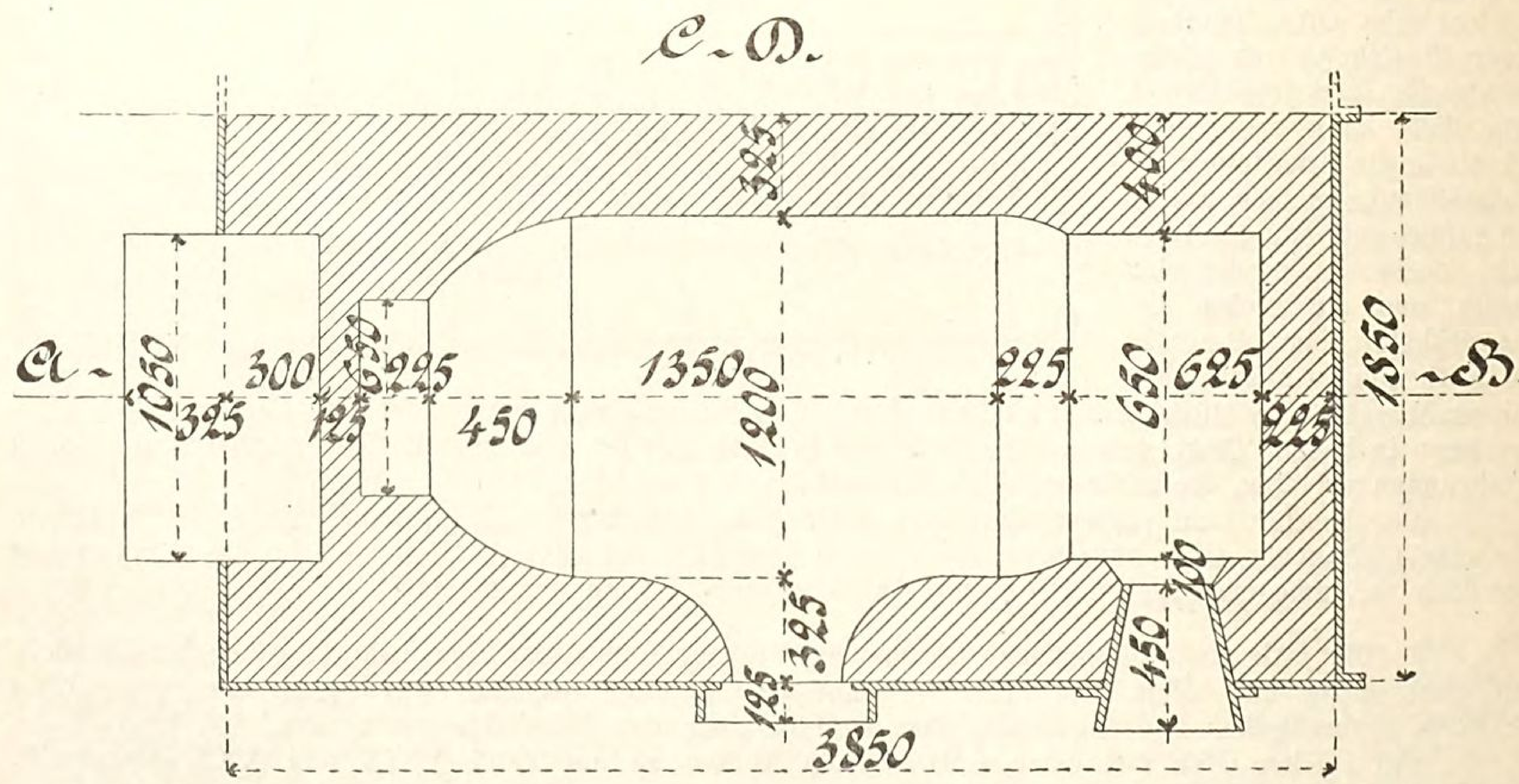


Fig. 116



erkennen lassen, münden jederseits drei Kanäle in den einzelnen Schmelzraum, welche das vorgewärmte Gas und die ebenfalls vorgewärmte Luft einführen. Beide Ströme gelangen zwar gemischt in die Schmelzräume, haben sich aber kurz vorher erst vereinigt, da die zunächst dem Innern liegenden Regeneratoren für das Gas theilweise abgedeckt sind und die Luft darüber hinstreichen lassen, ehe sie sich mit dem erhitzten Gasstrom vereinigen kann.

Die eigentlichen Eintritte in die Schmelzräume sind ziemlich eng und münden möglichst tief, so dass die Tiegel auch im unteren Theil genügend Hitze bekommen. Die Regeneratoren sind mit hohen und sonst auch reichlich dimensionirten Zuführungs- und Vertheilungskanälen versehen, weil ihre Länge die gleichmässige Vertheilung schwierig macht und die Gase von einem Fleck nur eintreten können. Ob sich hierbei eine jetzt auch bei anderen metallurgischen Construktionen versuchte andere Vertheilung, d. h. die Anlage eines zweiten Kanals neben oder unter dem anderen, verwenden lässt, in welchen die Gase zuerst strömen, ist nicht mit Sicherheit zu beantworten. Bei den Warmwindleitungen neuerer Hochofenanlagen, die mit energischen Winderhitzern arbeiten und mit grossen Produktverhältnissen, hat sich die Anlage, zwei Vertheilungsrohre übereinander oder umeinander, bewährt.

Die Regeneratorenräume sind auf der Vorder- (Ventil-) seite mit leicht herausnehmbaren Mauerverschlüssen (in gewölbten Zargen) abgeschlossen, wie bei den verschiedenen bis jetzt betrachteten Oefen in ganz gleicher Weise geschehen ist. Kräftige Gussanker vor den vier Trennungswänden der Kammern und des Ofens verhindern das Verziehen und Bersten des Mauerwerkes.

Ein starker eiserner Bodenbelag ruht, wie Fig. 4 und 5 der Tafel XXX andeutet, auf den Zwischenwänden rechts und links vom Ofen und auf Vorder- und Aussenwand der Luftregeneratoren jederseits, so dass die Decken der Gasregeneratoren sowie die Hälse der Luftregeneratoren in keiner Weise belastet sind. Eine noch ausgiebigere Verwendung von Trägern etc. würde die Arbeitssohle noch unabhängiger von der etwaigen Wirkung der Regeneratoren gemacht haben.

Mit Gas gefeuerte Tiegelöfen, bei denen die Tiegel wie bei dem vorher betrachteten Flammofen nach der Seite gezogen werden, haben keinerlei dauernden Erfolg gehabt. Die vorher beschriebene Construktion ist und bleibt vielmehr die für Tiegelschmelzerei im Grossen einzig geeignete und hat auf vorgeschritteneren Werken fast allgemein den Windofen ersetzt, unter Reduktion des Brennstoffverbrauches um 50—60/00 mindestens.

§ 603. Einen wichtigen Betriebsabschnitt bei der ganzen Tiegelstahlschmelzerei im Grossen bildet die Fabrikation der Tiegel selbst, welche überall, wo eine sehr weitgehende industrielle Arbeitstheilung noch nicht existirt, oder wo ein sehr grosser Bedarf ist, von den Werken selbst betrieben wird.

Die Tiegel für den Stahlguss müssen aus dem vorzüglichsten Material bestehen und müssen gleichzeitig der sehr hohen Schmelztemperatur an sich, dann auch dem Temperaturwechsel beim Herausnehmen, Ausgiessen und eventuellen Wiedereinsetzen Widerstand leisten. Auch haben sie den Einfluss der geschmolzenen Massen und der sie bedeckenden Schlacken auszuhalten, dürfen daher nicht leicht Bestandtheile an die Letzteren abgeben.

Die Tiegelmasse muss deshalb denselben Ansprüchen genügen, welche im fünften Abschnitt des I. Bandes als für die feuerfesten Fabrikate im Allgemeinen gültig auseinandergesetzt worden sind; es tritt aber noch die Forderung einer gewissen mechanischen Haltbarkeit hinzu, weil man es mit einem Gefäss zu thun hat, welches ein relativ grosses Gewicht flüssigen Metalls enthält und diverse Manipulationen etc. durchzumachen hat.

Den Grundstoff der Tiegelmasse bildet stets bester feuerfester Thon, der mit geeigneten Magerungsmitteln gemischt ist und dadurch seine Neigung stark zu schwinden, zu reissen und zu springen verloren hat. Die Masse muss, der Darstellung wegen, plastischer sein, als das Material der Steine sein kann, denn die Gestalt eines Tiegels ist durch Drehen, Drücken und Pressen nur aus einem geschmeidigen Material fertig zu bekommen, während ein gewöhnlicher Stein durch Schlagen etc. aus kaum bindenden Gemischen wohl herzustellen ist.

Der Thon für Tiegel muss daher ein hinlänglich fetter sein, um bei grösster Feuerbeständigkeit die nöthige Plasticität in der Masse zu erhalten.

Das beste Magermittel ist unstreitig gebrannter und zerkleinerter feuerfester Thon der gleichen Herkunft, demnächst reine Tiegelscherben oder Brocken guter Chamottesteine. Quarz ist nicht immer zu empfehlen, ebensowenig weisse Quarzsteinbrocken sowie alle gebrannten Fabrikate und Abfälle mit glasirtem Fluss. Es gibt Quarze in der Form von Feuersteinen mit milchweisser Färbung, fast undurchsichtig, die zur Fayence-Fabrikation vielfach angewandt werden. Diese springen nicht im Feuer und können sorgsam ausgesucht und zerkleinert, schon eher zur Tiegelfabrikation angewandt werden. Alle krystallinischen Quarz- und Sandsteine sind dagegen auszuschliessen, weil sie das Zerspringen der Tiegelmasse begünstigen.

Ein specifischer Bestandtheil der Tiegelmasse, namentlich für wiederholte Benutzung der Tiegel ist Kohle, theils in der Form des Graphits, theils in der von Cokes oder Holzkohle. Kohlenstoff als absolut unschmelzbarer Körper, steigert natürlich die Feuerbeständigkeit der Masse selbst und setzt auch dem Streben nach Zerspringen als theilweise poröse, theilweise blättrige, die Textur vertilgende Substanz Widerstand entgegen. Als nicht angenehme Eigenschaften sind dagegen die Verbrennlichkeit (auch des viel festeren und dichteren Graphits) und der Einfluss auf den Kohlenstoffgehalt des Tiegelstahls zu nennen, dann noch der hohe Preis (bei dem Graphit). Der letztere Nachtheil ist namentlich bei der Grossfabrikation in Betracht zu ziehen und zu erwägen.

§ 604. Man wird nach dem vorstehend Erörterten zwischen Thontiegeln (engl. Claypots) und Graphit- oder Kohlentiegeln zu unterscheiden haben, je nachdem die thonigen oder die kohligen Bestandtheile vorherrschen.

Es existirt eine Menge von Recepten für Tiegelmassen (cf. u. A. Wedding, Schmiedbares Eisen, S. 611 u. ff.), die ausserordentlich schwanken und darüber belehren, wie eben nur die Verschiedenartigkeit des hauptsächlichen Rohmaterials die Veranlassung zu den Schwankungen in der Zusammensetzung der Massen sein kann.

Während Sheffielder von Percy zuerst publicirte Recepte folgende Zahlen angaben:

	1.	2.
Thon, getrocknet und gepulvert, von Stourbridge . . .	6,804	5,2
„ „ „ „ „ Stannington . . .	3,175	5,2
Alte Tiegel	0,907	0,4
Cokespulver	0,453	0,5

tritt in einem von Leplay (Dingler's Journal 92, 1844, S. 26) mitgetheilten anderen Recept der Antheil an alten Tiegeln stärker hervor und erreicht etwas mehr wie die Hälfte des reinen getrockneten und gepulverten Thons.

Das Recept lautet dann:

Thon von Stourbridge, getrocknet und gepulvert . . .	5,22
„ „ Stannington, „ „ „ . . .	5,22
Alte Tiegel, gepulvert	5,43
Cokespulver	0,05

Aehnlich lauten Mischungsrecepte deutscher Werke, z. B. der Sollingerhütte bei Uslar, welche Wedding (Schmiedbares Eisen, S. 606) nach mündlichen Angaben von Hachemeister mittheilt.

Ein in der Gegend auftretender Pfeifenthon (von Schöningen) wird nach gehöriger Durcharbeitung in Kuchenform gut gebrannt, gepocht, gesiebt und mit rohem Thon und Holzkohle gemengt. Die Tiegelmischung besteht alsdann aus

14 Volumtheilen gebrannten Thons,
9 „ rohen Thons,
6 „ Holzkohle.

Ein Recept der Gussstahlfabrik zu Döhlen bei Dresden besteht aus

3 Volumtheilen Thon,
3 „ alten Tiegeln,
3 „ Graphit,
1 „ frischer Chamotte (Wedding a. a. O., S. 617).

Der Unterschied der hier mitgetheilten englischen und deutschen Mischverhältnisse wird begründet durch einen hervorstechenden Unterschied in den Eigenschaften des rohen Thons. Der englische Thon ist sehr fein und mager, mit kohligen Substanzen durchsetzt und daher wenig schwindend. Der deutsche Thon, namentlich die Pfeifenerde von Schöningen, ist sehr fett und bedarf daher magernder Zusätze im ungefähr umgekehrten Verhältniss der englischen Gemische.

Man kann annehmen, dass $^1/_3$ bis $^2/_3$ der ganzen Tiegelmasse aus frischem Thon besteht, während der Rest aus den verschiedenen Magerungsmitteln zusammengesetzt ist, unter denen der Graphit zwischen $^1/_5$ und $^2/_3$ der ganzen Masse beträgt, oft bis $^3/_4$ für die besten Graphittiegel, wobei dann der Rest des Gemisches eine etwas andere Zusammensetzung hat und vorwiegend aus frischem Thon besteht. (S. auch Ledebur a. a. O., S. 844.)

Beckert (Eisenhüttenkunde, S. 116) gibt als Beispiel westfälischer Mischungen an:

a) Thontiegel 47,5 Thon, 47,5 Chamotte, 5 Graphit,
b) Graphittiegel 12 Thon, 44 Chamotte oder 44 Graphit.

Als rohen Thonzusatz benutzt man vorwiegend weissen Coblenzer Thon, während zur Herstellung des Chamottemehls bester blauer Pfälzer oder Thon von Andenne genommen wird.

§ 605. Die Anfertigung der Tiegel geschieht heute vorwiegend mit Pressen in metallenen Formen, äusserst selten mit der Hand.

Eine der verbreitetsten Tiegelpressen besteht wesentlich aus einem rahmenartigen, aufrechtstehenden, aus Fundamentplatte, zwei Säulen und Querstück bestehenden Gestell, in welchem sich ein breites Gleitstück auf und ab bewegt, das nach unten hin an einer Hohlstange den Mönch, d. h. das Modell des Innenraums des Tiegels trägt, nach oben mit einer Schraube in Verbindung steht, die, im obersten Querstück des Rahmens sich drehend, auf und ab bewegt werden kann, wenn mit herunterführenden Stellhebeln der Schraubenkopf gedreht wird. In der Axe des Mönchs steht auf einem zwischen

den Säulen hervorziehbaren Schlitten die Nonne, die Form für die Aussenseite des Tiegels, deren oberer Rand noch drei Hörner trägt, um jede Verschiebung des Mönchs nach der Seite hin zu verhüten.

Durch eine einfache Ventilanordnung im Boden des Mönchs wird beim Beginn des Herausziehens desselben der Lufteintritt ermöglicht und die Adhäsion aufgehoben; durch eine andere einfache Vorrichtung kann das Ausheben des fertigen Tiegels aus der Nonne bewirkt werden.

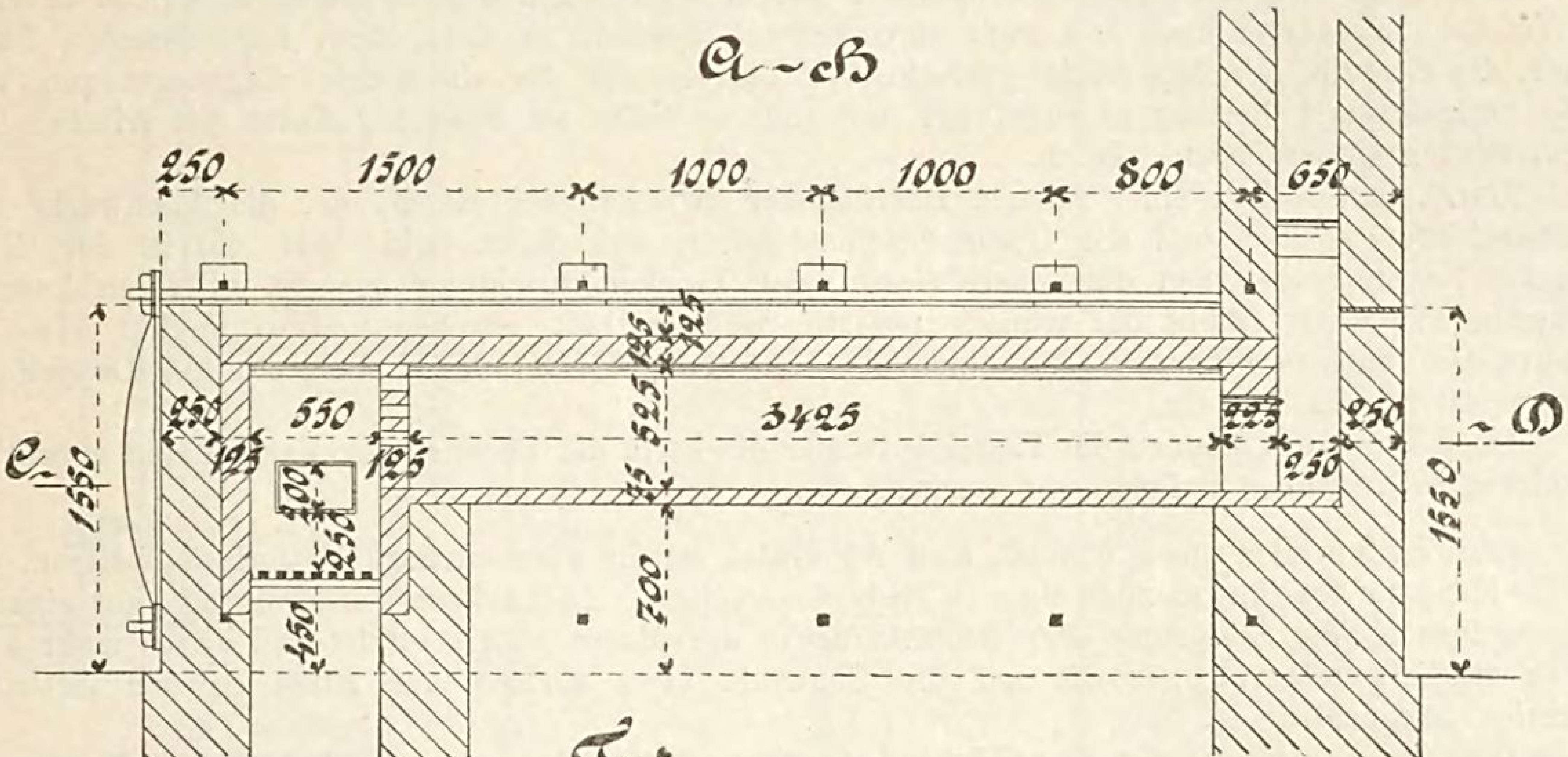
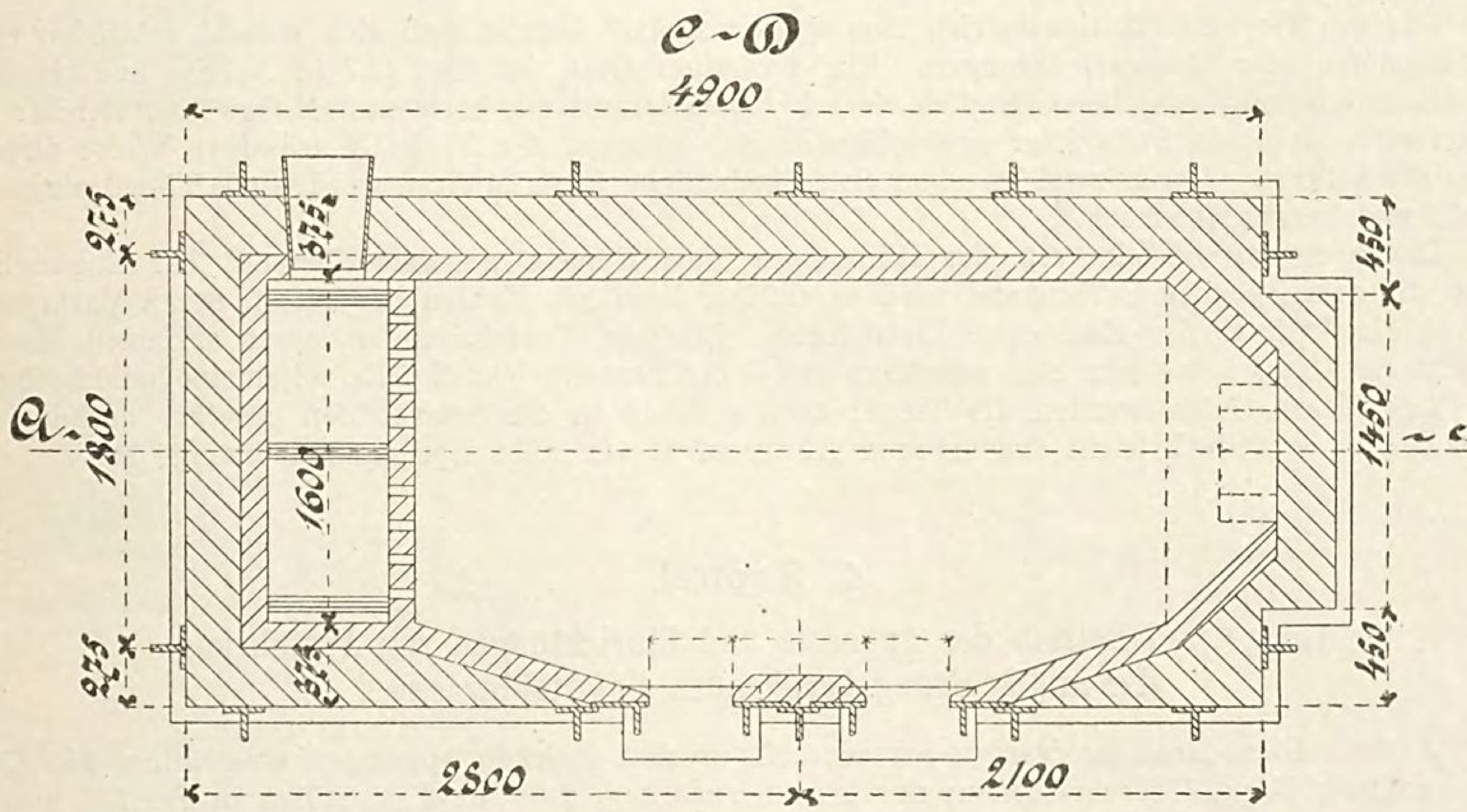


Fig 112



Vor dem Gebrauch wird die Nonne mit einer Mischung aus Rüböl und Petroleum ausgestrichen und dann der genau abgewogene Thonballen eingeworfen. (S. Beckert, Eisenhüttenkunde, S. 117, Fig. 53.)

Die mit Drehtisch und anderen Feinheiten versehenen Pressen von Malmedie, Vital Daelen, Berchmann u. A., welche Wedding (Schmiedbares Eisen, S. 624) beschreibt und abbildet, sind jedenfalls kostspieliger und minder einfach zu handhaben; sie liefern indessen mehr Produkte als die einfachen Apparate und eignen sich der vielleicht genaueren Ausführung wegen besser für die Herstellung verkäuflicher Waare.

§ 606. Die Haltbarkeit der so hergestellten Tiegel hängt wesentlich davon ab, ob die frische Waare vorsichtig und langsam getrocknet wird, ehe sie zum Brennen kommt. Man befolgt wo möglich den Grundsatz, grössere Vorräthe zu haben, um nicht genöthigt zu sein, bei aussergewöhnlichem, plötzlich auftretendem Bedarf zu nicht vollständig getrockneter Waare greifen zu müssen.

Je länger die Tiegel blos lufttrocken, allerdings in mässig erwärmten Räumen stehen, um so besser ist es. Man kann die Trocknung erleichtern, wenn man die bei gewöhnlicher Temperatur (17—20°) gut lufttrocknen Tiegel nunmehr nach und nach in gesteigerte Temperaturen rücken lässt, theils indem man sie in andere, stärker erhitzte Trockenräume bringt oder eine Reihe von Trockenräumen benutzt, in welchen die Ladungen nach und nach in immer höhere Temperaturen gebracht werden.

Man kann sich auch einer Darrkammer mit beweglichen Gestellen bedienen, welche in vier endlosen Ketten hängen und nach und nach emporbewegt werden, so dass oben, im heissesten Theil der Kammer, die Gestelle mit den fertig getrockneten Tiegeln auf der einen Seite herausgezogen, von den Tiegeln entlastet und, heruntergelangt, auf der anderen Seite am Fuss der Kette mit frischen Tiegeln beladen, wieder eingeschoben werden.

Durch Einschalten einer solchen Darrkammer zwischen den Raum, der die Thonwerke und die Tiegelmaschienen enthält und der Gussstahlschmelzhütte, von deren Sohle aus, die in der Höhe der Ofendeckel liegen muss, man dies obere Gestell der Trockeneinrichtung bequem entleeren kann, wird der ganzen Tiegeldarstellung die wünschenswerthe Gedrängtheit gegeben und es genügt eine solche Kammeranlage auch vollkommen für einen der auf Taf. XXIX, XXX dargestellten Doppelöfen mit zusammen 40 bis 60 Tiegeln.

Oben angelangt können die Tiegel entweder direkt in die Brenn- oder Vorglühöfen gebracht oder in geheizten Wärmstuben aufgestapelt werden.

§ 607. Zum Brennen benutzt man Apparate, welche eine mittlere Rothgluth besitzen, da eine solche Temperatur für Tiegel zum eigenen Bedarf ausreicht. Es ist diese Vorbereitung kein eigentlicher Brand, da irgend eine Sinterung oder Schmelzung in der Masse nicht eintritt und da es mehr auf eine kleine Festigkeitssteigerung, sowie auf die Controlle etwa vorhandener Risse in der lufttrockenen Fabrikation ankommt.

Die Tiegelfabriken für den Verkauf operiren natürlich anders und brennen die Thon- und Chamottetiegel durchweg, die Graphittiegel theilweise. Die Festigkeit der Letzteren ist bereits nach scharfem Trocknen gross genug, um den Transport zu ertragen, während Thontiegel dies nicht immer aushalten können.

Für den Tiegelfabrikationsbetrieb zum eigenen Bedarf bedient man sich verschiedentlicher Oefen, meist Flammöfen oder Halbgasfeuerungen. Ein derartiger Ofen ist Fig. 117 in Aufriss und Grundriss dargestellt und besteht aus einem länglich viereckigen Heizraum mit horizontalem Gewölbe, welcher nach der Feuerseite durch ein Steingitter abgeschlossen ist, während der Fuchs in mässiger Weite direct in den Kaminfuss führt. Durch zwei an einer Seite befindliche Einsatzthüren werden die Tiegel eingesetzt, vorgerollt und herausgenommen.

Die Feuerung ist ein von der Hinterseite (dem Einsatz gegenüberliegend) her zugänglicher Planrost mit querliegenden Stäben und wird ca. 0,25 m hoch mit Kohlen beschüttet, deren Verbrennung man durch ein Visir in der Esse controlliren kann. Einfache Verankerungen lassen erkennen, dass die Temperatur des Ofens keine sehr hohe sein kann und in der That erreicht dieselbe selten eine helle Rothgluth.

Aus diesen Oefen werden die Tiegel noch glühend in die Schmelzöfen gesetzt, nachdem man sich von der in der Gluth leicht erkennbaren Abwesenheit von allen Sprüngen überzeugt hat.

4. Kapitel.

Anlage und Betrieb der Apparate und Einrichtungen zur Ausführung der auf Legirung beruhenden Gussstahlprocesse.

§ 608. Diese Processe werden grossentheils in den gleichen Apparaten ausgeführt, wie die im vorhergegangenen Kapitel beschriebenen; nur ist zu bemerken, dass die Temperöfen in Fortfall kommen, da wie früher erläutert (S. 336, § 281) wesentlich Stahl- und Eisenfabrikate verschiedener Art mit einander eingeschmolzen und durch Gusseisenzusätze schliesslich corrigirt werden.

Der Legirungsprocess vollzieht sich hierbei, soweit Tiegelschmelzen in Frage kommt, ohne chemische Einflüsse, da man Produkte oder Abfälle von solchen verarbeitet.

Ausser Gluthstahl benutzt man auch noch anderweitigen Frischstahl und gleichmässig zerkleinerten Schrot neben weniger erheblichen Gusseisenzusätzen. Es ergiebt sich daraus die Benutzung ähnlicher oder gleicher Apparate, wie sie die Ausführung des englischen Gussstahlprocesses bedingt, d. h. Tiegelöfen der verschiedensten Construktion, wie sie im vorigen Kapitel beschrieben und dargestellt wurden.

Die Betriebsverhältnisse sind absolut die gleichen, da das Produkt nahezu dasselbe ist, mindestens die gleiche Temperatur und Flüssigkeit haben muss als das aus getempertem oder cementirtem Stabeisen hergestellte. Nur dann tritt eine gewisse Aenderung ein, wenn kleine Façonstücke auf die genannte Weise hergestellt werden sollen, also ein mehr oder minder complicirter Förmereiprocess sich anschliesst. Die

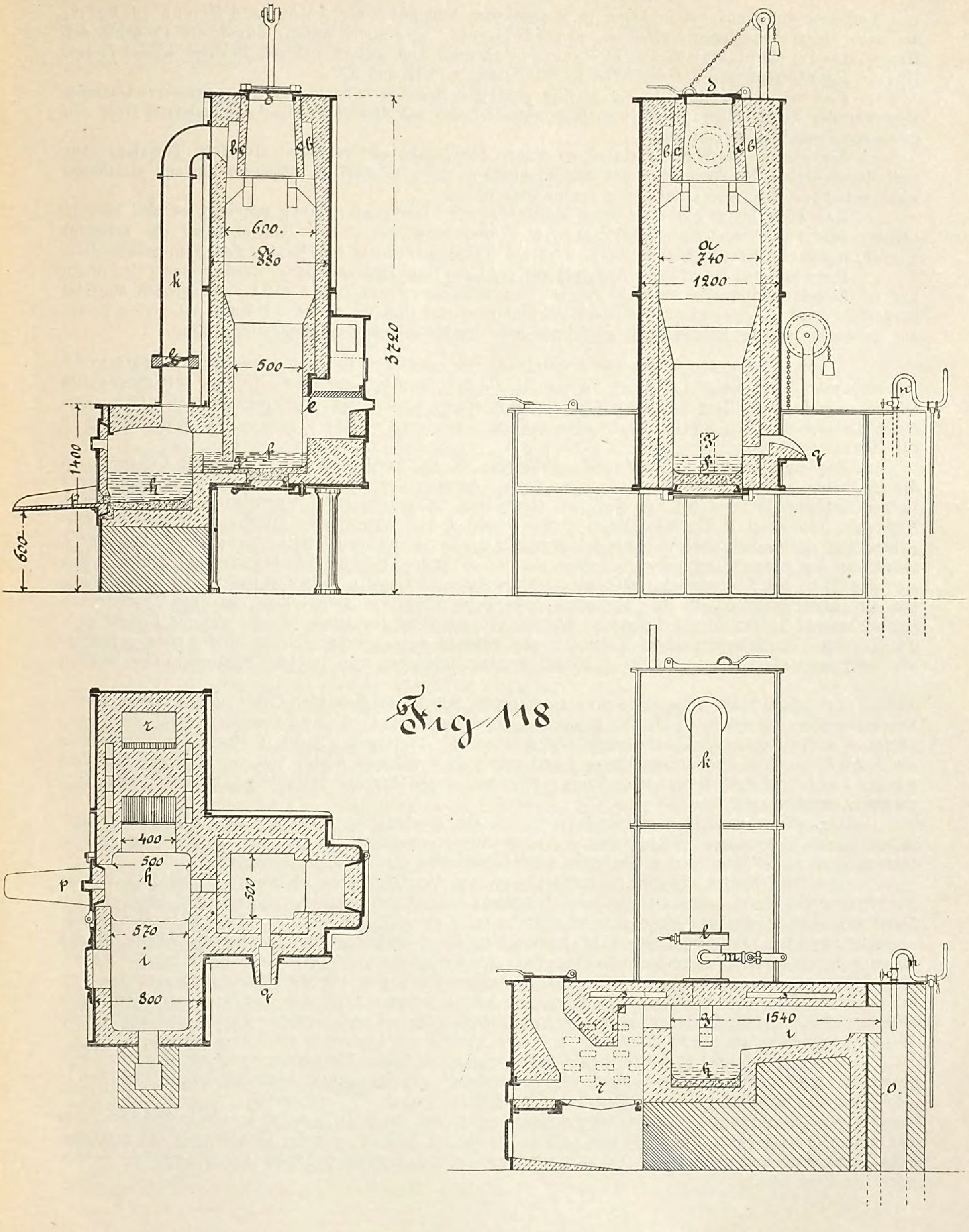


Fig 118

vom Verfasser unter anderen in Wien 1873 gesehenen Stahlgüsse der Aciéries d'Ermon in Paris, die nach einem besonderen Verfahren, procédé Lepet, hergestellt waren, ferner die Produkte des Hauses Hardy, Capitaine & Co. in Nouzon, Ardennen und andere gehören in diese Klasse (vergl. Dürre, Eisenhüttenwesen auf der Wiener Ausstellung S. 195 und ff.).

Eine weitere Modification der hierher gehörigen Processe entsteht, wenn ein grösseres Quantum vorgewärmter Stahlabfälle in Roheisenbädern aufgelöst und mit diesem zu einer Art halbirtem Guss von grösserer Festigkeit vereint wird.

Ein solches Verfahren verlangt zu seiner Ausführung andere Oefen als blose Tiegelapparate, weil die Reaktion des Gusseisens auf den Stahlschrot wenn möglich in flüssigem Zustand statthaben muss, während der Schrot nur stark vorgewärmt ist.

Man kann hierzu natürlich jeden Martinofen mit Vorwärmeinrichtung benutzen, es sind aber in neuerer Zeit auch Cupolofenconstruktionen mit Vorwärmern und starker Sohlenheizung etc. errichtet worden, um solche Metallgemische, die vielfach als Metal mixte auf dem Markte figuriren, herzustellen.

Dieselben sind indess keine Apparate zur richtigen Gussstahldarstellung, welcher einzig und allein nur in Tiegeln und aus einem sich während der Schmelzung wenigstens nicht verändernden Material hergestellt wird. Der Guss wird vielfach als Stahlguss und Stahlfaçonguss angeboten, ist nichts weiter als ein kohlenärmeres Roheisen mit zurücktretender Graphitausscheidung und feinem Korn.

§ 609. Unter den vielen zur Darstellung von derartigem Gemisch brauchbaren Apparaten ist jedenfalls der S. 60 dieses Bandes, § 93 des III. Buches, bereits besprochene, in Fig. 118 dargestellte Ofen von Krigar in Hannover einer der interessantesten, weil er eine Combination zweier Oefen darstellt, die sich in ihrem Betrieb wenig oder gar nicht zu stören vermögen, obschon sie sich einander in die Hände arbeiten.

Der Apparat zum Schmelzen des Roheisens ist ein gewöhnlicher Krigar'scher Cupolofen, in dessen oberen Schacht *a* ein aus Mauerwerk bezw. Chamotte hergestellter Füll- oder Aufgabeschacht *c* in der Art der Tremien bei den Hochofen eingehängt ist, so dass ein ringförmiger Zwischenraum *b* übrigbleibt, in welchen die Gase treten. Ein Deckel *d* verschliesst die Luftöffnung in den Aufgabepausen und ist möglichst leicht beweglich angeordnet. Der Gebläsewind tritt nur an einer Stelle, bei *e*, nahezu in der ganzen Breite des Schachtes ein und verbreitet sich im Schmelzraum, auf dessen Boden sich das Eisen bei *f* ansammelt, während die Schlacke seitlich, bei *g* abfliessen kann. Der Schmelzraum hat auf der Rückseite eine in Charnieren bewegliche Thür mit einem Visir, um den Schmelzgang beobachten und in den Ofen gelangen zu können. Dieser Thür gegenüber befindet sich ein Eisenabstich, durch welchen das Schmelzprodukt in den Vorraum gelassen werden kann, welcher bei den meisten Krigaröfen sich angeordnet findet (Fig. 37 S. 58 des Bandes), hier aber eine durchaus veränderte Construktion erhalten hat.

Er bildet nicht mehr einen nur vorgelegten, mit Holzkohlen oder Cokes vorgewärmten Eisenkasten, sondern er erscheint als der Herdraum eines Flammofens und wird ausserdem durch die Cupolofengase selbst erhitzt. Die letzteren treten aus dem ringförmigen Raum *b* hinter der Tremie *c* in ein Rohr *k*, passiren eine Drosselklappe *l* und treten in den Raum *h* ein, von wo sie durch den Vorwärmer *i* nach dem abwärts ziehenden Fuchs *o* gelangen, dessen Wirkung durch einen Dampfstrahlapparat *n* verstärkt werden kann.

Dem Vorwärmraum *i* entgegengesetzt, ist ein gewöhnlicher Generator mit Planrost *r* angeordnet, dessen Gase durch im Zugsystem *s s* vorgewärmte atmosphärische Luft verbrannt werden, welche letztere oben hinter dem in den Generator hinunterragenden Gewölbstücke ausmündet.

Der Betrieb wird nunmehr so geführt, dass die einzuträukenden Eisen- und Stahlabfälle in dem Vorwärmraum *i* durch das Gasfeuer vom Generator etc. erhitzt werden, während der Cupolofen im Gang sich befindet und das Eisen sich im Schacht bei *f* sammelt. Sobald die erforderliche Menge Roheisen in möglichst erhitztem Zustand im angeführten Raum vorhanden ist, werden die Abfälle in den Raum *h* heruntergeschoben und durch Wegnahme des Verschlusssteines vor *g* das Eisen herab- und auf die Abfälle gelassen. Sobald man sicher ist, das erforderliche Quantum zu haben, setzt man den Verschlussstein wieder ein und lässt das Schmelzen weiter gehen. Auch der Vorwärmraum *i* wird neu besetzt und mit Abfällen geladen, welche sich erwärmen, während nach erfolgter Lösung und Vertheilung der vorhergehenden Ration im Roheisenbade *h* der Abstich des Gemisches erfolgen kann.

Aehnliches leistet auch der Ofen von Ibrügger, an dessen Eisensammelraum ein ebenfalls durch Ofengase vorgeheizter Raum zum Vorbereiten von Eisen- und Stahlschrot angeschlossen ist, welcher in sehr hohe Temperatur versetzt werden kann (§ 93 III. Buch, S. 60 des Bandes).

Die Gase der Schachtzone werden nach unten und durch Oeffnungen in einem Zwischenboden des Schachtes nach einem Reservoirraum geführt, wo sie mit Luft, die von der Windleitung aus zugeführt wird, verbrannt und durch einen Vorwärmraum nach einem abwärts ziehenden Kanal getrieben werden oder zur Esse gehen.

Zweite Abtheilung.

Die Vollendungsarbeiten des schmiedbaren Eisens.

§ 610. Die in der vorhergehenden Abtheilung beschriebenen Darstellungsprocesse haben das schmiedbare Eisen in einer unfertigen Gestalt aus dem Darstellungsprocess heraustreten lassen, welche keinerlei direkte Verwerthung zulässt. Der Frischprocess im Herd gibt einen mehr oder minder dichten, aus zusammengeschweissten Eisen- oder Stahlkörnern bestehenden Klumpen, den Deul oder Schrei, der vermittelst einer sich unmittelbar dem Darstellungsprocess anschliessenden Schmiedearbeit in irgend eine zur Verwerthung geeignete Form gebracht werden muss.

Der Flammofen-Frischprocess liefert noch rohere Produkte, die Luppen, schwammartige lose Agglomerate von Eisen- und Stahlkörnern, von eingemengter Schlacke getränkt voll, so dass man genöthigt ist, so rasch als möglich durch Verdichten des Gefüges das Verdrängen der flüssigen Schlacke zu bewirken und ein noch immer sehr unvollkommenes, dem Deul der Frischherde etwa gleichkommendes Produkt zu erzielen, das einer weiteren Umgestaltung und Verfeinerung dringend bedarf.

Die Converterprodukte, die Produkte der Flammofenprocesse, der Tiegelschmelzungen etc. verlassen den Fabrikationskreis als mehr oder minder dichte und homogene Blöcke in den verschiedensten Dimensionen, die sich nach der Bestimmung wie nach den Modificationen der Bearbeitung richten.

In dieser Gestalt lässt sich mit den Blöcken nichts anfangen, und es bedarf einer Reihe von mechanischen Arbeiten, um zu fertiger Waare zu gelangen.

Die Formen, in welchen das schmiedbare Eisen von den Hüttenwerken aus in den Handel gelangt, welche also der Gegenstand der Verfeinerungsarbeiten sind, haben verschiedene Gestalten.

Zur weiteren Verarbeitung im Bereich der Kleineisenindustrie bedarf man einfach profilirter Stäbe, rund, quadratisch, flach rechteckig, selten sechs- und achtseitig, von sehr verschiedenen Querschnittsdimensionen und Längen, welche vollkommen glattflächig und fehlerfrei geliefert werden müssen.

Zur Benutzung bei Eisenconstruktionen des Hochbaues, Eisenbahn-, Schiffs- und Brückenbaues sowie zum Maschinenbau werden entweder wiederum Stäbe, doch mit meist complicirteren, oft sorgfältig nach der späteren Inanspruchnahme berechneten Profilen gebraucht, oder façonirte, unter dem Dampfhammer oder der Schmiedepresse frei oder in Formen hergestellte Einzelstücke, die zum Theil auch in entsprechend ausgerüsteten Werkstätten mancher Eisenhütten und Stahlwerke, vielfach aber in besonderen, den Darstellungsorten naheliegenden Schmiedewerkstätten angefertigt werden und eigentlich mehr dem Gebiete der Maschinenelemente zugehörig sind als dem der Eisen- und Stahlhüttenfabrikate. Eine Massenproduktion derselben ist nicht möglich; jedes einzelne Objekt ist anders gestaltet und bemessen.

Ausser den im Vorigen als Hauptgestalten der Vollendungsarbeiten genannten Stäben verschiedener Profilirung und Dicke, immer aber mit Vorherrschen der Längenabmessung, gibt es auch endlose, d. h. geschlossene Stäbe oder Reifen, wie die Radkränze der Eisenbahnwagen. Dieselben werden aus aufgespaltenen oder gelochten Blöcken hergestellt und bilden eine selbstständige Klasse von Fabrikaten höchster Vollendung.

Erreicht die stabartige Gestalt des Fabrikates eine sehr grosse Länge bei geringfügiger Dicke und rundem oder quadratischem Querschnitt, so entsteht der Draht, eine besondere, für den Handel sehr wichtige Eisen- und Stahlwaare, deren Herstellung heutzutage sehr gut ausgebildet worden ist.

Wird das Fabrikat verhältnissmässig sehr dünn und erreichen dagegen Länge und Breite eine bedeutende Grösse, so entstehen die Bleche, welche man nach den späteren Hauptverwendungen unterscheidet.

Endlose Bleche sind gewissermaassen die Röhren, welche sowohl aus Eisen- wie aus Stahlarten hergestellt werden.

Alle diese Fabrikationsformen werden durch ein- und mehrfache Behandlung mit zum Theil sehr kräftigen mechanischen Werkzeugen hergestellt, wobei grössere Umgestaltungen nur mit dem durch Erhitzung geschmeidig gewordenen Material ausführbar werden, geringfügige aber auch bei niedriger oder gewöhnlicher Temperatur statthaben, wobei aber dann die entstehende Härtung durch Nachglühen aufgehoben werden kann.

Die beste Eintheilung des Stoffes dieser Abtheilung würde demnach wohl die folgende sein:

Erster Abschnitt. Uebersicht der sämmtlichen Vollendungsarbeiten, vom technologischen Standpunkte aus betrachtet — Zängen und Dichten, Packetiren, Schmieden, Walzen, Ziehen, Ausglühen etc.

Zweiter Abschnitt. Anlage, Bau und Betrieb der zum Erwärmen der bei den Vollendungsarbeiten des schmiedbaren Eisens erforderlichen Oefen und Gefässe: Schweissöfen, Glüh- und Wärmöfen, Herde, Glühtöpfe etc.

Dritter Abschnitt. Einrichtung und Betrieb der Hämmer: Einfache und leichte Hämmer, Wassergeschläge, Riemen-, Luft- und Dampfhämmer; als Anhang: Pressen.

Vierter Abschnitt. Einrichtung und Betrieb der Walzwerke einschliesslich der dazu unmittelbar gehörenden Vollendungswerkzeuge: Einfache, dreifache, mehrfache Walzwerke, Grobwalzwerke, Mittel- und Feinwalzwerke, Drahtwalzwerke, Reifen- und Röhrenwalzwerke, Universal- und Stufenwalzwerke etc.

Fünfter Abschnitt. Einrichtung und Betrieb der Züge für Draht und Röhren.

Sechster Abschnitt. Einrichtung und Betrieb der Verzierungsanlagen: Beizen, Schleifen, Anstreichen, Verzinnen, Verzinken, Emailliren etc.

Erster Abschnitt.

Uebersicht der sämmtlichen Vollendungsarbeiten für das schmiedbare Eisen.

§ 611. Aus der vorstehenden Aufstellung der gesammten Vollendungsarbeiten geht die Gliederung dieses Abschnittes von selbst hervor, welcher vom technologischen Standpunkte aus die einzelnen Vorgänge zu besprechen haben wird, um für die folgenden Abschnitte die Grundlagen zu einer kritischen Besprechung der Apparate zu erlangen, welche der Ausführung der Arbeiten dienen.

Alle hierher gehörigen Arbeiten sind als starke mechanische Beanspruchungen des schmiedbaren Eisens aufzufassen, unterstützt und modificirt durch Erwärmungsprocesse theils vor, theils nach der Bearbeitung, ergänzt und abgeschlossen durch Theilungs- und äussere Umgestaltungsarbeiten verschiedener Art.

Alle technologischen Vorgänge werden an der Stelle vorzugsweise zu besprechen sein, an welcher sie zuerst bedeutsam auftreten. Die Reihenfolge selbst richtet sich nach dem Gang des Betriebes und nicht nach technologischen Grundsätzen, so dass folgende Kapitel entstehen.

1. Kapitel: Das Zängen und Dichten des Schweisseisens aus dem Rennfeuer-, Herd- und Flammofenfrischprocess.
2. Kapitel: Die weitere Verarbeitung des schmiedbaren Eisens unter Hämmern und Walzen.
3. Kapitel: Die Darstellung gezogener Eisenfabrikate, Draht und Röhren.
4. Kapitel: Die weiteren Vollendungsarbeiten.

1. Kapitel.

Das Zängen und Dichten des Schweisseisens aus dem Rennfeuer-, Herd- und Flammofenfrischprocess.

§ 612. Alle Processe, welche das schmiedbare Eisen in nichtflüssiger Gestalt liefern, z. B. die Rennfeuerprocesse, die daran sich anschliessenden Eisenschwammprocesse, die Heerdfrischprocesse, der Puddelprocess geben Produkte von sehr mangelhafter Beschaffenheit, insofern, als dieselben aus Agglomerationen von mehr oder minder dicht aneinander sitzenden Eisenkörnern bestehen, zwischen denen Schlackenhüllen und Einschlüsse flüssiger und halbflüssiger Schlacken sitzen.

Derartige oft schwammige Produkte sind absolut unbrauchbar und bedürfen einer sofortigen Verdichtung, wenn sie eine einigermaassen compakte und wenig unterbrochene metallische Textur zeigen sollen. Dass diese Verdichtung im Anschluss an die Darstellung geschieht, erscheint natürlich, weil die bei letzterer entwickelte Temperatur ausreichend ist, um sowohl das Aneinanderkleben der Eisentheilchen als auch das Herausdrücken der zwischengelagerten Schlacken in noch flüssigem Zustande zu gestatten.

Bei den Herdprocessen, wo Darstellung und Verarbeitung bezw. Fertigstellung der Fabrikate miteinander wechseln oder auch theilweise gleichzeitig vor sich gehen, kommt das Produkt immer wieder in den Herd zurück und es beginnt die Fertigstellung unmittelbar im Anschluss an das Abzängen und Zerhauen des Deuls. (S. S. 220.)

Derselbe besteht bei guter Arbeit aus ziemlich dicht gelagerten Agglomerationen von Eisentheilchen aufeinander und wird nur aussenherum von einer veränderlich starken Kruste von Schwahl oder sehr garer Schlacke (meist Eisenoxydoxydul) bedeckt, die der Hammer abklopft, wobei natürlich auch ein Verdichten besonders der äusseren Metallschichten stattfindet, während der Kern des Deuls

nur wenig von dieser Compressionsarbeit berührt werden kann. Aus diesen Gründen genügt zum Zängen der Herdfrischdeule, wie früher auch der Rennfeuerluppen eines der früher geschilderten leichten Wassergeschläge mit einem sehr mässigen Effekt, der durch von Hauer u. A. auf ca. 300 Kilo berechnet ist und einem Betriebseffekt von 10—15 Pferdekräften entspricht. Wo derselbe Hammer auch das Fertigschmieden der Produkte besorgt und dabei unter Umständen, besonders bei dem Ausrecken, später auch bei dem Abschlichten eine weit grössere Arbeitsleistung geschafft werden muss, bemisst sich die erforderliche Leistungsfähigkeit des Hammers mehr nach dieser Fertigarbeit als nach dem Zängen. Das Einzige, wodurch beim Zängen ein Unterschied gegen den gewöhnlichen Gang der Hämmer hervortritt, ist die grosse Zahl der Schläge, welche bis zum Maximum durch Anspannen der ganzen Betriebskraft getrieben wird, so dass 90—120 Schläge pro Minute nichts Aussergewöhnliches sind. Der Deul ist eben nicht sehr warm und man muss sich mit dem Entschlacken, Abplatten und Zerhauen soviel als möglich beeilen. Diese Zängearbeit bei den Herdfrischdeulen, welcher das Abkanten der Schirbel noch zugerechnet werden kann, ist kein Musterbetrieb und hierdurch hinlänglich gekennzeichnet.

§ 613. Weit wichtiger und von weit grösserer Bedeutung, selbst heute noch, ist das Zängen der Puddelluppen.

Die Luppe, wie sie aus dem Frischofen kommt, ob gross oder klein, ist ein von Schlackeneinschlüssen erfülltes lockeres Conglomerat von mehr oder minder krystallinischem Eisenschwamm. Ihre Form ist durchaus nicht immer rundlich, sondern vielfach zufällig brockenreich, mit Einbuchtungen und Vorsprüngen, Höckern und Löchern. Während des Transportes nach der Zängevorrichtung tropft unaufhörlich eine dünnflüssige Schlacke aus den Zwischenräumen, während die Aussenseite sich mit einer halberstarrten Schlacken- und Glühspankruste überdeckt hat.

Eine solche Zusammenhäufung loser oder doch nur schwach adhärirender Metalltheilchen bedarf bei der Verdichtung einer ganz anderen Behandlungsweise als das Rohprodukt des Herdfrischens mit seinem weit dichteren metallischen Gefüge.

Während hier die Verunreinigung durch Schlacken mehr äusserlich ist und nur Spuren sich im Innern finden und dann auch nur bei nachlässiger Rohfrischarbeit, ist die Puddelluppe einem von Schlacke vollen Schwamm kleiner, zu geschmeidigem Netzwerk vereinten Eisentheilchen zu vergleichen. Diese Schlackeneinschlüsse sind zwar anscheinend dünnflüssig, müssen aber, da sie sehr eisenreich sind und durch zutretende Oxydation auch immer eisenreicher werden, möglichst rasch und möglichst gründlich entfernt werden. Man suchte dieses Ziel wohl anfänglich durch die gleichen Hämmer zu erreichen, die bei den Frischherden üblich gewesen waren, erfuhr aber bald, dass zahlreiche und heftige Schläge die lockeren und oft rohen Luppen zertrümmerten, ohne dieselben zu verdichten. Man ging sehr bald dazu über, langsam gehendere, aber 2—4 Tonnen schwere Hämmer anzuwenden, die an die Dampfmaschinen der Walzwerke angehängt waren. Diese alten, theils als Stirn-, theils als Aufwerfhämmer gebauten, gewöhnlich aus einem Stück gegossenen Werkzeuge sind wie auch die Luppenquetschen und Mühlen von dem Dampfhammer gänzlich verdrängt und gehören der Geschichte des Eisenhüttenwesens an. Als sehr unvortheilhafte und keineswegs dem Zweck genügende Construktionen verdienen sie auch keine weitere Besprechung, obschon man noch 1870 gelegentlich der Einführung der Arbeit im Danks'schen Ofen auf verschiedene ähnliche Construktionen zurückgriff, nicht weil die Luppen für die Hammerarbeit ungeeignet gewesen wären, sondern weil man mit den selbstthätigen Quetschen glaubte, wohlfeiler und bequemer arbeiten zu können.

Mit dem Aufgeben des Danks'schen Verfahrens verliess man auch diese sehr kostspielig ausgefallenen Wiederbelebungsversuche alter Einrichtungen für immer und kehrte zu dem in immer einfacherer und soliderer Construktion ausgeführten und sich bewährenden Dampfhammer zurück, dessen Bau und Betrieb speciell der Inhalt des dritten Abschnittes dieser Abtheilung bildet, wohin auch für das weitere Detail verwiesen wird.

§ 614. Die Puddelluppe wird unter dem Dampfhammer zunächst vorsichtig so zusammengedrückt, dass die etwa vorhandenen Vorsprünge und Höcker in die Masse hineingepresst werden, um ihr Abbröckeln möglichst zu hindern. Dann richtet man den flachen Kuchen auf und drückt ihn, ebenfalls noch vorsichtig und mit langsam niedergehendem Hammer, kurzer Fallhöhe etc. nach der anderen Richtung zusammen, bis durch mehrmaliges Wiederholen der in der Richtung abwechselnden Drucke ein prismatischer Klotz entstanden ist, welcher dann leise gestaucht, d. h. aufrechtstehend gedichtet wird. Nunmehr beginnt das eigentliche Schmieden mit steigender Energie der Hammerweitung, aber in ungefähr gleicher Folge der Operation und unter thunlichster Herauspressung der Schlacken, schliesslich durch starke hier und da mit Oberdampf ausgeführte Schläge. Grosse Uebung und Geschicklichkeit des Hammerschmiedes lassen dieses Abzängen so rasch vollenden, dass der Kolben noch mit mässiger Rothgluth den Hammer verlässt. Die so zu einem regelmässigeren, wenn auch rauhflächigen Kolben oder einer Bramme umgeformte Luppe hat nunmehr eine compakte metallische Textur, wovon man sich durch die Untersuchung des frischen Bruches überzeugen kann, welcher indessen in der nicht gleichmässigen Korngrösse die nur

geringe und nur in der Nähe der Oberfläche recht bemerkbare Verdichtung des Korns zeigt. Augenscheinlich haben die ersten leiseren Schläge die noch ganz weiche Luppe unter Herauspressen der Schlacken zu einer mehr oder minder grobkörnigen Masse vereinigt, und die zuletzt, oft bei vorgeschrittener Abkühlung und verminderter Dehnbarkeit einwirkenden Schläge des Dampfhammers haben lediglich zur Verkleinerung des Korns unter der Oberfläche selbst beigetragen. Am grössten erscheint dieser Unterschied bei dem sehnigen Eisen, während er bei den härteren Fabrikaten, z. B. dem Feinkorneisen und dem Stahl, mehr zurücktritt und schliesslich fast ganz verschwindet.

Bezüglich der Weiterverarbeitung bieten sich zwei Wege:

1. Auswalzen in derselben Hitze zu Flachstäben, welche dann geeignet sind, zu Packeten vereinigt zu werden und das Material für weitere Fabrikation zu bilden;
2. Erhitzen bis zur Weissgluth und Verwalzen zu beliebigen gewöhnlichen Fabrikaten.

Der erste Weg ist der beste, weil er durch das spätere Packetiren die grösste Sicherheit für die Homogenisirung der Fabrikate bietet, wie für die weitere Expulsion etwa zurückgebliebener Schlackenreste. Der andere Weg erfordert sorgfältigste Führung des Puddelprocesses und wurde unter Herstellung möglichst grosser und compakter Luppen zur Darstellung von Blechen und grossen Construktionseisen gelegentlich angewendet. Er bildet eine Ausnahme, während der andere die Regel darstellt und überall in Anwendung ist, wo man überhaupt noch puddelt!

§ 615. Das Auswalzen der Luppenkolben zu Stäben behufs weiterer Verfeinerung durch Packetiren u. s. w. erfolgt in Vorrichtungen, Walzwerken, welche in der allgemeinen Construktion den übrigen im vierten Abschnitt zu schildernden Walzwerken entsprechen.

Während das Detail der Walzwerke überhaupt dort besprochen werden soll, wird hier nur das Verfahren selbst zu berühren sein.

Bekanntlich beruht das Walzen auf der Wirkung zweier in entgegengesetzter Richtung sich drehender Cylinder, zwischen welche man ein plastisches Metallstück soweit eingeführt hat, dass es durch die Reibung der Cylinderflächen ergriffen und zwischen den Cylindern durchgezogen wird. Ist das Metallstück dicker als der Zwischenraum der Walzen und werden die letzteren in ihrer ursprünglichen Entfernung festgehalten, so wird das Metallstück während des Durchganges zusammengedrückt, so dass es eine der Walzenentfernung entsprechende Dicke erhält. Dabei verändert das Metallstück seine übrigen Dimensionen ebenfalls und wird sowohl länger als auch breiter, die Vergrösserung in der Durchgangsrichtung als Verlängerung einstweilen festgehalten.

Man walzt hauptsächlich auf zweierlei Art, zwischen ganz glatten und zwischen gefurchten oder kalibrirten Walzen. Unter ersteren erhält man aus anfänglich regelmässig begrenzten Metallstücken Platten oder Bleche von unregelmässiger Seitenbegrenzung und verschiedenen Längen- und Breitenverhältnissen. Die beiden Walzen bilden in solchem Fall einen nach allen Seiten offenen Zwischenraum, in welchem sich das Metall frei dehnen und strecken kann. Würde man diesen freien Raum durch Zufügen eines Wulstes an jedem Walzenende abschliessen, indem diese Wulste beider Walzen sich berührten, so könnte bei richtiger Abmessung hierdurch eine seitliche Abgrenzung der Dehnung des Stückes bewirkt und demselben eine gerade seitliche Begrenzung gegeben werden. Dadurch wird, wie später nachzuweisen sein wird, auch ein seitlicher Druck ausgeübt, welcher zur Längsstreckung beiträgt. Ein solcher auch geschlossener Zwischenraum der Walzen eines Walzwerkes führt zum Begriff des Kalibers und durch Anordnung mehrerer richtig dimensionirter und gestalteter Kaliber kann man bekanntlich Querschnittsübergänge von der einfachsten Gestalt bis zu den complicirtesten Formen der Walzkunst bilden, die gleichzeitig eine absolute Verminderung der Querschnittsgrösse einschliessen und dadurch eine starke Streckung und die Bildung eines stabartigen Fabrikates bewirken.

Der durch die Walzenreibung nach einander in diese Reihe von Kalibern gezogene und hindurchgedrückte Eisenblock nimmt nach einander die Formen der Kaliberreihe an und geht in verhältnissmässig kurzer Zeit als Fabrikat von genau beabsichtigter Dimension hervor.

Durch Geschicklichkeit, kluge Vertheilung der Druckverhältnisse und Anpassen derselben an die durch den Verlauf der Abkühlung bewirkte Veränderung der Dehnbahrkeit gelingt es meist, in einer Hitze die grössten Umbildungen einfach gestalteter Blöcke oder Bündel von Eisenstäben in Stäbe von sehr zusammengesetzter Gestalt oder von sehr bedeutender Länge herbeizuführen.

Die Anordnung dreier und mehr Walzen übereinander, auch hintereinander, die Anwendung kräftiger Maschinen und eine Reihe scharfsinnig ausgedachter Hülfsmittel haben die Walzkunst allmälig umgestaltet und zu sicheren Resultaten geführt.

Die theoretische Aufklärung des Processes ist ebenfalls versucht worden, ist aber noch nicht sehr weit gediehen; das Wenige darüber bekannte wird im zweiten Kapitel zu geben sein.

Ebenso ist daselbst auf die weiteren technologischen Momente des ganzen Walzprocesses zurückzukommen, soweit es sich um das schmiedbare Eisen handelt.

Die Luppenwalzwerke gehören zur Gattung der mit calibrirten Walzen arbeitenden Vorrichtungen, welche Flachstäbe liefern. Sie werden ähnlich construirt, wie diejenigen Walzwerke, aus denen

Flacheisenstäbe für den Handel hervorgehen und unterscheiden sich nur durch stärkere Druckverhältnisse, weil das Eisen der Luppe geschmeidiger ist als das bereits verdichtete Material eines Packets. Da die Luppenstäbe nur Zwischenprodukte sind, gibt man ihnen die für die Weiterverarbeitung bequemsten Dimensionen und beschränkt sich dabei bei gleicher Dicke auf 3—4 verschiedene Breiten, deren Kaliber auf einer Walzenlänge sich bequem unterbringen lassen, so dass eigentlich nur ein Walzenpaar nothwendig erscheint. Früher streckte man die abgeschmiedete Luppe in sogenannten Vorwalzkalibern von Spitzbogenform vor und ging, sobald der Stab die zum Einführen in das betreffende Fertigkaliber erforderliche Verdünnung erreicht hatte, auf die Fertigwalze über. Durch Anlage von Triowalzwerken sowie durch weitergehendes Verschmieden gelangte man dazu, die Vorwalzen zu entbehren und in einer Reihe von Flacheisenkalibern die Luppen in Stäbe zu verwandeln. Die Construktion derselben wird bei der Besprechung der Kalibrirung überhaupt behandelt werden. (S. 2. Kapitel.)

Der so ausgewalzte Luppenstab, welcher ein mehr oder weniger unansehnliches Fabrikat darstellt, und welcher in sehr ungleichen Längen, proportional der Luppengrösse, fällt, wird behufs Packetirung und Schweissung in Stücke von bestimmter Länge geschnitten. Dies geschieht unter starken vom Walzwerk her oder von der Dampfmaschine getriebenen Scheeren bei gewöhnlicher Temperatur. Man verbindet hiermit eine Untersuchung durch Brechen, indem man mit einfach construirten Fallwerken den Bruch unter stets gleichen Verhältnissen herbeiführt. Dadurch erst ist man in der Lage mit Sicherheit die Qualität des Produktes beurtheilen und seine specielle Verwendung bestimmen zu können. Man sortirt nach Ausführung dieses Versuchs die verschiedenen Brüche je nach Art des Korns, dem Grade der Sehnen u. s. f. und bestimmt später die Zusammenstellung der durch nochmalige Schweissung weiter zu verwalzenden Packete.

Es muss zum Schluss bemerkt werden, dass diese ganze Zänge- und Dichtearbeit mit dem Puddelprocess selbst jeden Tag an Bedeutung verliert und die Concurrenz mit der Flusseisenarbeit nicht lange mehr wird aufrecht erhalten können. Namentlich sind alle jene sinnreichen Verbindungen längst verschwunden, welche in einem Walzstück verschiedene Eisensorten zu verbinden strebten, um irgend einem Profilstab in verschiedenen Theilen seines Querschnitts verschiedene Oberflächen zu geben.

2. Kapitel.

Die weitere Verarbeitung des schmiedbaren Eisens unter Hämmern und Walzwerken.

§ 616. Die weitere Verarbeitung des schmiedbaren Eisens geschieht heute meist unter Walzwerken unter gelegentlicher Mitwirkung von Hämmern. Fertige Waare wird unter Hämmern nicht dargestellt, mit Ausnahme der verschwindenden Mengen von Holzkohlenschweisseisen aus den Herdbetrieben und selbst für das Vollenden der Produkte dieser Herdbetriebe hat man seit langer Zeit und wiederholt Walzwerke benutzt, wie beispielsweise auf den 4 ehemals im Staatsbesitz befindlich gewesenen Rybniker Werken.

Nur wenn es sich um rasche und energische Schweissungen handelt, ist die Anwendung der Hämmer vorzuziehen, weil sie gestattet, eine sehr grosse Kraftleistung in einem Zeitminimum auszuüben und dadurch das Aufeinanderkleben getrennter Metalltheile mit grösster Sicherheit und unter möglichst vollkommener Austreibung der Schlacke zu bewirken.

Anknüpfend an den Schluss des vorhergehenden Kapitels und an die Herstellung der Rohschienen dürfte hier zunächst die Weiterverarbeitung derselben zu besprechen sein, wie sie früher im grössten Maassstab geschah, heute nur noch zerstreut und vorübergehend stattfindet.

Diese Weiterverarbeitung basirte in erster Linie auf der als Schweissbarkeit bekannten Eigenschaft des Eisens. Wenn nun auch die Wichtigkeit der Rohschienenverarbeitung sehr zurückgetreten ist, ja selbst nach dem Urtheil Einzelner im völligen Verschwinden begriffen ist, so bleibt die eine solche Arbeit bis jetzt vermittelnde Eigenschaft des schmiedbaren Eisens, die Schweissbarkeit, dennoch sehr wichtig für die Weiterverwendungen in der Kleineisenindustrie, in welcher besonders die Einführung des Flusseisens hin und wieder wegen mangelhafter Schweissbarkeit auf Schwierigkeiten und Widerstände stösst, die durch genauere Kenntniss des Schweissvorganges am ehesten beseitigt werden. Aus diesem Grunde muss eine Besprechung der Schweissbarkeit von Eisen- und Stahlfabrikaten, soweit solche das Hüttengewerbe interessirt, stattfinden und das Wenige zusammengestellt werden, was von Untersuchungen der Eisen- und Stahlschweisserei bekannt ist.

Darauf wird der Packetirungsprocess besprochen und die Grundsätze desselben, dann die Ausführung der Schweissung durch Erhitzen und Bearbeiten unter Hämmern und Walzwerken, wobei die

Technologie des Walzprocesses im Allgemeinen besonders zur Sprache kommt. Daran schliesst sich das Ziehen und Ausglühen und es entstehen folgende Unterabtheilungen:

A. Die Schweissbarkeit des schmiedbaren Eisens;
B. Das Packetiren der Rohschienen. Vorrichten der anderen Schweissarbeiten;
C. Das Verblocken der Flusseisenblöcke;
D. Das Erhitzen, sowohl vor als nach der Bearbeitung;
E. Das Hämmern und das Pressen;
F. Das Walzen;
G. Das Fertigmachen der Walzfabrikate.

Trotz der Umfänglichkeit einzelner Betriebe ist dennoch ein genaues Eingehen in knapper Form angestrebt, da im Grunde die Dinge sich vielfach wiederholen und die Manipulationen so einfach wie möglich sind.

A. Die Schweissbarkeit des schmiedbaren Eisens.

§ 617. Diese altbekannte Eigenschaft schmiedbaren Eisens in der Weissglühhitze, mit einem anderen ebenso heissen Stück Eisen durch Schlag oder Druck sich zu einem Ganzen vereinigen zu lassen und der Wiederzerreissung wesentlich denselben Widerstand entgegenzusetzen, den das einheitliche Eisenstück zeigt, ist altbekannt, in ihrem Wesen aber noch wenig aufgeklärt.

Der höchste Grad von Schweissbarkeit kommt dem ganz reinen Eisen wie auch einigen anderen reinen Metallen, z. B. Nickel, Platin etc., zu, während Metallverbindungen und Legirungen dieselbe Eigenschaft gewöhnlich nicht zeigen.

Bei den schmiedbaren Eisensorten ist die Schweissbarkeit im Allgemeinen um so grösser, je geringer die Menge der Nebenbestandtheile ist, doch lässt ein sehr verschiedenes Verhalten der einzelnen Eisensorten auf eine Verschiedenheit im Einfluss der Nebenbestandtheile schliessen, die noch immer nicht recht aufgeklärt ist, so viele Mühe man sich auch gegeben hat. Die Schwierigkeit solcher Aufklärungen liegt darin, dass man es in allen praktischen Fällen nicht mit einem Nebenbestandtheile allein, sondern vorwiegend mit mehreren zu thun hat, so dass der Einzeleinfluss jedes Bestandtheils nicht deutlich mehr hervortritt.

Doch nicht allein die Zahl und das Verhältniss der nebensächlichen Bestandtheile, sondern auch die Art der Textur des Eisens scheint Einfluss auf den Grad der Schweissbarkeit zu haben, da die Produkte der Puddelöfen darin ein ganz anderes Verhalten zeigen als die der Frischherde und da, wo sich die flüssig erhaltenen Produkte der Converterprocesse noch weit verschiedener verhalten.

§ 618. Fasst man zunächst den Einfluss der Nebenbestandtheile ins Auge, so ist als allgemeine Erfahrung aufzustellen, dass der Kohlenstoff den stärksten Einfluss auf die Schweissbarkeit zeigt, insofern sich mit der Zunahme desselben eine entsprechende Abnahme der gedachten Eigenschaft bemerklich macht.

Während indessen nach Kollmann (s. u.) ein Kohlenstoffgehalt zwischen $0{,}1 - 0{,}3/_{00}$ immerhin noch wenig Einfluss auf die Schweissbarkeit zeigt, ist bei $2/_{00}$ die Schweissbarkeit d. h. die Fähigkeit im festen Zustand aneinanderzukleben, verschwunden und es bleibt nur noch die Fähigkeit des Angiessens, welche manche Roheisensorten mit geringem Kohlengehalt auszeichnet und welche ja als Parallelerscheinung der Schweissbarkeit aufgefasst werden kann.

Man kann aus dem Verhalten des Kohlenstoffs noch weiter ableiten, dass die Schweissbarkeit eine Eigenschaft des reinen Eisens ist und dass sie sich in dem teigigen Zwischenzustand bemerklich macht, welcher zwischen dem festen und flüssigen Zustand einen Uebergang bildet.

Die Dauer dieses Zwischenzustandes ist um so grösser, je reiner das Eisen ist und daher gelingen die Schweissungen von Eisenfabrikaten selbstredend auch um so besser, je mehr die Nebenbestandtheile und fremden Substanzen in demselben zurücktreten.

In der weiter unten citirten Generalversammlung des Technischen Eisenhüttenvereins widerspricht Schuchard der von ihm als „landläufig“ bezeichneten Meinung, dass die Schweissbarkeit mit dem Wachsen des Kohlenstoffs abnehme und behauptet im Gegentheil, dass, wenn man eine recht vollkommene Schweissung erzielen wolle, so müsse man Eisen mit hohem Kohlenstoffgehalt nehmen.

Sehniges Eisen schweisse nicht so vollkommen wie körniges und körniges nicht so vollkommen wie Stahl. Als Beweis hierfür greift Schuchard zur Kesselfabrikation hinüber, bei welcher, besonders in England, feinkörniges Material bevorzugt würde u. s. w.

Man vermisst bei diesen Behauptungen die genauen Angaben der Kohlenstoffgehalte, sowie die etwaigen anderen Bestandtheile, auf welche am Schluss noch ganz allgemein hingewiesen wird.

Die oben festgestellte theoretische Ansicht, dass der Kohlenstoff die Schweissbarkeit vermindere, wird dadurch nicht erschüttert, dass in einzelnen praktischen Fällen durch Zusammenwirken anderer Umstände ein kohlenreicheres Fabrikat ein günstigeres Verhalten beim Schweissen gezeigt als ein kohlenärmeres.

Bei dem Blechmaterial kommt der eventuelle Phosphorgehalt, bei schlechtschweissendem sehnigen Eisen oder weichem Stahl die Oxydbildung in Betracht, und das von Schuchard u. A. bei schlechtschweissendem Stahl benutzte härtere Material wird nach der Verarbeitung wohl nicht mehr denselben Kohlenstoffgehalt gehabt haben.

Als sicher geht also aus den genannten Mittheilungen hervor, dass die Grenzen für den eine genügende Schweissbarkeit nicht hindernden Kohlengehalt weiter zu stecken sind.

§ 619. Ueber die Wirkung des Siliciums gehen die Ansichten noch sehr auseinander. Theoretisch könnte vorausgesetzt werden, dass Silicium ähnlich, doch schwächer wie Kohlenstoff wirke und dass daher ein Ersatz der Kohle durch Silicium für die Steigerung der Schweissbarkeit vortheilhaft und empfehlenswerth sein würde. Dem widerspricht die bestimmt ausgedrückte Behauptung Kollmann's (Protokoll der Generalversammlung des Technischen Vereins für Eisenhüttenwesen vom 14. December 1879, S. 29), welcher aus der geringen oder mangelnden Schweissbarkeit des 0,1—0,5/$_{00}$ *Si* enthaltenden Bessemerprodukts und der guten Schweissbarkeit eines von 0,2 bis auf 0,01/$_{00}$ durch Erzzusätze entsilicirten Martinproduktes auf die Schädlichkeit eines Siliciumrückhaltes im Flusseisen schliesst. Diese Schlussfolgerung sei auch noch durch zahlreiche Analysen Kollmann's bestätigt worden.

Diese Gegensätze, welche auf verschiedenen individuellen Erfahrungen beruhten, wiederholten sich in der Sitzung vom 30. Mai 1880, wo Köhler u. A. das Fehlen jeden Beweises für die Kollmann'sche Behauptung betonte, dagegen aber eigene Versuche erwähnte, welche die Schweissbarkeit des siliciumhaltigen Eisens bewiesen hätten.

Man darf hiernach annehmen, dass Silicium der Schweissung nicht hinderlich sei, obschon die Frage in ihrer definitiven Lösung wohl davon abhängig ist, dass man bei der Eisenanalyse das chemisch gebundene Silicium von dem in Form von Schlacken mechanisch beigemengten trennen und beide gesondert bestimmen lernt.

§ 620. Eine günstige Wirkung zeigt bis zu einem gewissen Grade der Phosphorgehalt des schmiedbaren Eisens, obschon bekanntlich der Einfluss desselben auf die Textur-Cohäsionsverhältnisse des Eisens an sich ungünstig ist. Man darf die Gründe für diese Wirkung auf die Schweissbarkeit deshalb auch nicht in direkten Beziehungen des Phosphors zum teigigen Zustand des schweisswarmen Eisens suchen, sondern darin, dass die Gegenwart des Phosphors zurückhaltend oder gar hindernd auf die Oxydoxydulbildung einzuwirken vermag, welche ihrerseits stets als ein Hinderniss des Schweissens gegolten hat.

Ausserdem ist, was Petersen in der Sitzung des Technischen Vereins für Eisenhüttenwesen am 30. Mai 1880 auch angedeutet hat (S. 23), die Vermuthung nicht ausgeschlossen, dass die Art der Herstellung und Bearbeitung des phosphorhaltigen Schweisseisens einen günstigen Einfluss auf die Schweissbarkeit üben könne, indem das Puddelofenprodukt reicher an leicht flüssiger Schlacke, also saftiger dargestellt würde.

Die Grenzen, bis zu welchen der Phosphorgehalt gehen darf, ohne die Schweissbarkeit zu beeinträchtigen, sind verschieden, je nach der Höhe des Kohlenstoffgehaltes. Es ist bekannt, dass man in verschiedenen Bezirken aus Rohschienen mit 0,18—0,38/$_{00}$ Phosphor jahrelang Schienen und andere Eisenfabrikate dargestellt hat, alles im Weg des Packetirens und Schweissens. Die von Helmholz in der genannten Sitzung gemachte Angabe, dass ein Stahl mit 0,6/$_{00}$ Kohlenstoff, 0,3/$_{00}$ Phosphor und 0,03/$_{00}$ *Si* sehr schlecht geschweisst habe, beweist, wie auch frühere Besprechungen der phosphorhaltigen Stahlarten, dass Phosphor an sich in verschiedener Hinsicht wohl geduldet werden könne, dass aber neben einer zur Stahlbildung genügenden Kohlenstoffmenge, die vorher erträglich gewesene Phosphormenge schlechte Resultate gäbe. Jedenfalls ist hierbei vorauszusetzen, dass ein Material mit 0,3/$_{00}$ *P* ebenso durch Zuführung von 0,6/$_{00}$ *C* unschweissbar werden dürfte, wie ein Material von 0,6/$_{00}$ *C* durch Hinzufügung von 0,3/$_{00}$ *P*. Es wirken eben, wie auch in anderer Beziehung, die addirten Gemengtheile in hemmendem Sinn.

Ein dem Phosphor sonst nahestehendes Element, das Arsen, wirkt geradezu hinderlich auf die Schweissbarkeit und theilt Petersen (u. a. S. 24) folgende Thatsachen mit.

Bleche aus weissem Roheisen der Friedrich-Wilhelmshütte (Mühlheim a. d. Ruhr) hergestellt, waren stark und sehnig, doch wurde über schlechte Schweissbarkeit geklagt. Rundeisen, aus demselben Material dargestellt, sollte stark und sehnig sein und ausserdem gut schweissen; es wurde in jener Hinsicht gut befunden, aber zur Verfügung gestellt, weil es nicht schweissen wollte. Bei der Wiederholung der Proben zeigte es sich, dass die Stäbe in der Weissglühhitze fettig wie Butter glänzten und die auf einander gelegten Stäbe wie von glatten Stellen abrutschten. Eine Nachfrage bei dem Hochofenwerke

ergab die Verwendung arsenhaltiger Erze bei der Herstellung des genannten Roheisens. Da das Eisen in der Luppe und in den aus Rohschienen aufgebauten Packeten gut schweisste, kam man auf die Vermuthung, dass der schädliche Einfluss des Arsengehalts mit abnehmendem Kohlenstoff wachse (?!).

Es dürfte diese Vermuthung schwer zu beweisen und der Unterschied der Schweissbarkeit nicht allein auf die Nebenstoffe, sondern auf die verschiedenen Texturverhältnisse einerseits in Luppen und Rohschienen, andererseits im mehrmals geschweissten Fabrikat mit zurückzuführen sein.

Wedding gibt an, dass Rohschienen mit 0,87 *As* gar nicht schweissten.

Dieffenbach (Petersen a. a. O. S. 25) berichtet über die Nichtschweissbarkeit von Luppeneisen, aus alter Munition von Belgrad hergestellt; die Analyse derselben habe ergeben:

a) weisssplitterige Sorte ein wenig löcherig		b) graue Sorte blasig	
C	0,774	*C*	1,843
P	starke Spuren	*P*	Sp.
Ag	„ „	*Ag*	0,013
Cu	0,0902	*Cu*	0,58
As	4,2505	*As*	25,9796
Sb	1,454	*Sb*	1,0682

Aehnlich verhält sich Antimon; Eisen mit 0,23/$_{00}$ Antimon schweisst schlecht und ist kalt und rothbrüchig.

§ 621. Die schlimmsten Feinde der Schweissbarkeit sind Schwefel und Sauerstoff. Der erstere hindert durch das Hervorbringen des Rothbruchs alle Bearbeitung in der Wärme überhaupt, während der Sauerstoff in dem schmiedbaren Eisen ebenfalls dem Rothbruch ähnliche Erscheinungen hervorbringen kann. Das eingemengte Schwefeleisen verkürzt, wie die anderen Eisenverbindungen auch, den teigigen Zwischenzustand, der die Schweissbarkeit bedingt und mag auch durch das Aussaigern in der Hitze (vergl. S. 167 d. Bandes) dem Aneinanderkleben der Schweissstellen hinderlich sein.

Der Sauerstoff ist wesentlich als Bestandtheil von im schmiedbaren Eisen vertheilt auftretenden strengflüssigen Oxyden, namentlich Fe_3O_4 oder Glühspan, der grösste Feind der Schweissbarkeit, während sein direkter Einfluss in gelöster oder vertheilter Form nur äusserst gering ist. Die auf S. 176 u. 177 bereits besprochenen Versuche Ledebur's haben ergeben, dass die in überblasenem Thomaseisen von Hörde nachgewiesenen Sauerstoffgehalte von 0,171—0,244/$_{00}$ keinen Einfluss auf Dehnbarkeit und auf Schweissbarkeit gehabt, sonst aber ähnlich wirken wie Schwefel. Die in der Hitze sich bildenden Oxyde, deren Entstehung sowohl bei deren Fabrikation als auch bei der Schweissbarkeit selbst nicht zu vermeiden ist, sowie die daraus gebildeten mehr oder minder strengflüssigen Schlacken sind dagegen möglichst zu eliminiren, wenn gut geschweisst werden soll. Dabei kommt die Gegenwart eines anderen Metalles zu statten, des Mangans, und wird weiter unten das Erforderliche zu besprechen sein.

Inwiefern der in den Flusseisen- und Stahlsorten besonders constatirte Gasgehalt die Schweissbarkeit beeinflusst, ist nicht ermittelt; jedenfalls steht die nicht gleich bequeme und leichte Schweissbarkeit der Flusseisenfabrikate, im Gegensatz zu gleich reinen Schweisseisenfabrikaten, mit dem meist hohen Gasgehalt in irgend einer Beziehung und die Beeinflussung der Textur durch die Gaseinschlüsse mag selbst noch auf den Grad der Schweissbarkeit seine Wirkung ausüben.

§ 622. In vollem Gegensatze zu den ebengenannten Stoffen und ihrer Wirkung befindet sich der hauptsächliche metallische Nebenbestandtheil aller Eisenfabrikate, das Mangan. Die fast immer bewirkte Besserung der Schweissbarkeit durch manganhaltige Zusätze bei der Fabrikation und der Schweissung selbst kann verschieden erklärt werden.

Unzweifelhaft gibt die Aufnahme des Mangans den Eisenfabrikaten einen strengflüssigeren Charakter und verlängert vielleicht dadurch das Stadium der zum Schweissprocess nöthigen Erweichung. Andererseits kann wie in § 43, S. 172 bereits ausgeführt ist, vermuthet oder geschlossen werden, dass durch Mangan die Eisenverbindungen mit den Nebenbestandtheilen vielleicht zerlegt werden und das regulinische Eisen in grösserer Menge ausgefällt wird.

Man wird aber, soweit vorhandene Erfahrungen reichen, dem Mangan hauptsächlich das Element einer dünnflüssigen, der Aufnahme des Glühspans und in Folge dessen auch der Weiterbildung desselben nicht günstigen Schweissschlacke eine einflussreiche Rolle bei den Schweissprocessen zuzuschreiben haben. Es befördert die Bildung einer saftigen Schlacke, indem es leichter als Eisen oxydirt und eine grosse Neigung hat, ein dünnflüssiges Silikat zu bilden, welches bei dem Aufeinanderliegen der Schweissstücke sich leicht zwischen den Schweissflächen heraustreiben lässt und das Aufeinanderhaften der entblössten Metallflächen begünstigt.

Ein Eisenfabrikat, welches, wie das meiste Schweisseisen von Hause aus Einschlüsse von solchen Schlacken enthält, wird um so besser schweissen, je weniger diese Einschlüsse durch starkes Verdichten

vermindert worden sind und es folgt hieraus, dass Luppen und Luppenstäbe stets leichter schweissen als bereits verdichtetes Material. Ein dagegen mit Oxyden durchsetztes Fabrikat, wie das verbrannte Eisen, kann nur durch Verschlacken der eingelagerten Glühspantheilchen schweissbar werden und bedarf dazu einer weitgehenden Zertheilung und Wiedervereinigung, um die gleichmässige Ausschlackung herbeizuführen. Inwieweit zur Erklärung der vielfach constatirten geringen Schweissbarkeit der Converterprodukte diese Einlagerung von Oxydationsprodukten des Metallbades herangezogen werden kann, muss dahingestellt bleiben.

Es wurden früher auf sehr vielen Werken Eisenbahnschienen mit Bessemerstahlköpfen angefertigt, Hörde hat seine ersten Stahlradreifen geschweisst, wie früher die entsprechenden Puddelstahl- und Feinkornfabrikate, Oesterreich und Schweden lieferten stets sehr gutes schweissbares Material für Siederöhren etc. und trotzdem stiess man an allen Orten bei der Bearbeitung auf schwierige oder unvollkommene Schweissung, so dass nach dem Ausspruch von Petersen (a. a. O. S. 21) immer Gründe hierfür in der Natur des Materials oder seiner Entstehungsweise gesucht werden müssen, welche, ohne die Schweissbarkeit ganz aufzuheben, doch die leichte Ausführung derselben beeinträchtigen und die praktische Durchführung erschweren.

„Das Flusseisen entbehrt der vom Entstehungsprocess herrührenden leicht-„flüssigen Schlacke und ist zudem vielfach aus seinem Entstehungsprocess her mit „Oxyden gemengt, welche die Schweissbarkeit beeinträchtigen."

§ 623. An diese Bemerkungen Petersen's schliesst sich die Wiedergabe einer speciellen fachmännischen Aeusserung über den Unterschied der Schweissbarkeit bei Bessemer- und Martinprodukten. Dieselbe lautet, wie folgt:

„Auf die Schweissbarkeit des Bessemer- und Siemens-Martin-Stahls oder -Flusseisens ist ein „entsprechend heisser Gang der Charge von grossem Einfluss, indem heiss erblasener bezw. producirter „Stahl und Flusseisen immer besser schweisst, als der einer weniger heissen Charge; aus diesem Grunde „ist auch der Converter dem Siemens-Martinofen überlegen. Einen theoretischen Grund hierfür giebt „in der Hauptsache der Gehalt an Kohlenoxyden, welche dem Metalle beigemengt und welche bei einem „kälter producirten Stahl mehr vorhanden sind, sich leichter und in grösserer Menge bilden. Voll-„ständige Entkohlung, ebenso das Ueberblasen befördert, Mangangehalt des Roheisens vermindert die „Bildung derselben, im Verein mit Silicium, da siliciumreicheres Roheisen beim sauren Process bekanntlich „einen heissen Verlauf der Charge bedingt. Auch Martinstahl zeigt sich bei kaltem Ofengang mehr „oxydhaltig als bei heissem."

Aus diesen Bemerkungen, sowie auch aus weiteren in derselben Sitzung gemachten Ausführungen verschiedener Praktiker geht zur Genüge hervor, dass die möglichste Annäherung des Fabrikats an den Zustand des reinen Metalls auch die grösste Steigerung der Schweissbarkeit bedeute.

Während das Ueberblasen, sowie die Anwendung von Erzzusätzen von mehreren Seiten als Mittel zur Verbesserung der Schweissbarkeit genannt werden, führt Helmholtz noch an, dass neben grosser Schweissbarkeit sich ein beträchtlicher Bruch dicht neben der Schweisse, bei gelbrother Wärme einstellte. Gresser hat denselben Rothbruch bei der Behandlung mit Erzen im Martinofen erzielt, demselben aber durch Zusätze von Mangan und Silicium abgeholfen (4 Mangan auf 1 Silicium).

(Protokoll vom 30. Mai 1880.)

§ 624. Wenn nach dem Vorstehenden der Einfluss der Nebenbestandtheile klar gelegt ist, so mag hinsichtlich des früher daneben genannten Einflusses der Molecularen-Struktur (Schlusssatz des § 607) Folgendes bemerkt werden. Es ist jedenfalls ein grosser Unterschied zwischen der Textur der nur teigig producirten und der in flüssigem Aggregatzustand gewonnenen schmiedbaren Eisensorten vorhanden, welcher nur nach und nach durch eine gleichartige oder ähnliche mechanische Behandlung in etwas ausgeglichen oder verwischt wird.

Darauf hat bereits Köhler (Bochum) in der mehr citirten Debatte hingewiesen und scheint besonders in der dichteren Aufeinanderlage der Metallkörner den Grund geringer Schweissbarkeit zu erblicken.

Es ist aber sehr wahrscheinlich, dass das Schweissen complicirt wird durch einen oberflächlichen Legirungsprocess der einzelnen Eisenkörner vermittelst einer Hülle von leichtflüssigen Eisenverbindungen, eine Art Löthung, und dass mit diesem Grunde das von Schuchard betonte bessere Schweissen kohlereicheren Stahls, das bequeme Schweissen phosphorhaltiger Eisenfabrikate bis zu einem gewissen Grade zusammenhängt. Dominiren derartige Verbindungen, so verdichten sie naturgemäss die Textur unter gleichzeitiger Abkürzung des der Schweissung günstigen teigigen Zwischenzustandes, sodass ein Uebermaass derselben sehr bald die Grenzen der Schweissbarkeit erreichen und überschreiten lässt.

Eine andere günstige Wirkung dieser Verbindungen ist ihre reducirende Wirkung auf Oxydeinschlüsse oder Oxydbildungen und die Begünstigung der Entstehung leichtflüssiger Schlacken.

Die Vergleiche zwischen dem Verhalten bei dem Schweissen der verschiedenen Fabrikate sind aus all' diesen Ursachen schwer anzustellen und ergeben keine recht übereinstimmenden Resultate. Es fehlt an direkten Versuchen mit Eisensorten von verschiedener, genau bekannter, chemischer Zusammensetzung unter Elimination einzelner, Belassen anderer Elemente, damit die Einzeleinflüsse möglichst klar hervortreten.

Ob dann erneute Texturuntersuchungen und Hypothesen, wie die von Osmond, Werth u. A., Hülfe, d. h. Aufklärung bringen, ist heute weder zu bejahen, noch zu verneinen.

Man wird in möglichster Reinheit des Eisens von strengflüssigen Oxydationsprodukten sowie in einem mässigen Gehalt an Nebenstoffen vorläufig die grössten Garantieen für eine gute Schweissung, auch der Flusseisen- und Flussstahlfabrikate, zu erblicken haben.

Das Converterprodukt, als ein leicht oxydhaltiges Rohfabrikat, wird fast immer in der Schweissbarkeit zurückstehen, obschon Ausnahmen auch hier Geltung bekommen müssen.

§ 625. Interessante Beiträge zu der Lehre vom Schweissen lieferte Dr. Th. Fleitmann in Iserlohn (Stahl und Eisen 1889, S. 9).

Bei der Ausführung des von ihm erfundenen Verfahrens, nickelplattirte Eisen- und Stahlbleche durch Zusammenschweissen von Eisen- und Stahlplattinen mit Nickelblech und späteres Auswalzen derselben herzustellen, machte Fleitmann verschiedene Beobachtungen, die ihm geeignet erschienen, in die Natur des Schweissprocesses einen ganz anderen Einblick zu gestatten, als die bisherigen Kenntnisse von demselben dies seiner Ansicht nach möglich machten.

Um die Dauerhaftigkeit der Zusammenschweissung von Nickel und Eisen zu prüfen, wurden zunächst schräg zusammengeschweisste Stäbe dem Zerreissversuche unterworfen, welcher ergab, dass eher die beiden verschiedenen Metalle als die Schweissflächen auseinanderzureissen seien.

Versuche, die Schweissungen durch Säuren auseinanderzubekommen, gelangen insofern, als verdünnte Schwefel- oder Salzsäure bei 50—60^0 das Eisen löste und das Nickel zurückliess, wobei das Aufhören der Wasserstoffentwickelung das der Auflösung des Eisens sehr bestimmt bezeichnet. Es löst sich hierbei auch ein verschwindend kleiner Theil Nickel, 2—3/$_{00}$, auf; eine weitere Behandlung mit frischer Säure bleibt aber wirkungslos.

Dies ist um so auffallender, als sich in dem rückständigen Nickel ein durchaus anderer Eisengehalt findet als in den angewendeten Nickelplatten. Dieselben enthielten beispielsweise 0,9/$_{00}$ Eisen vor der Aufschweissung und zeigten nachher 2/$_{00}$ mehr, welcher Gehalt auch durch lang fortgesetzte Behandlung mit verdünnter Säure nicht weiter ermässigt werden konnte.

Die Vermuthung lag nun nahe, dass eine wirkliche Durchdringung und chemische Verbindung der beiden Metalle stattgefunden habe, und dass sich wirkliche Legirungen von Eisen mit Nickel gebildet hatten, welche bekanntermaassen sehr widerstandsfähig gegen verdünnte Säuren sein sollen, wenn auch nur wenig Nickel sich darin befindet.

Dr. Fleitmann liess nun Nickelschnitzel, die von plattirten Blechen stammten, nachdem sie wiederholt mit Salzsäure behandelt und schliesslich gut abgeputzt worden waren, durch Salpetersalzsäure in verschiedenen Absätzen behandeln. Es wurden sechs Theillösungen gemacht und die jedesmaligen Mengen des gelösten Metalls durch Wägungen bestimmt.

Nach der sechsten Lösung, als die Schnitzel 45/$_{00}$ ihres Gewichtes verloren hatten, zeigte sich im Nickel der ursprüngliche Eisengehalt, so dass ein weitgehendes Eindringen oder Wandern des Eisens in die Masse des Nickels hinein angenommen werden muss.

Wie eine solche Durchdringung bei einer Temperatur möglich ist, welche nach Fleitmann's Angabe um 5—600^0 vom Schmelzpunkt der beiden Metalle entfernt liegt und eine bedeutende Erweichung nicht verursacht, ist allerdings räthselhaft und kann nur durch Legirungsbildung erklärt werden, welche Molecularbewegungen und Verdrängungen allerdings veranlassen können. Immerhin ist der Vorgang von sehr hohem Interesse und verdient weiter untersucht zu werden.

B. Das Packetiren der Rohschienen sowie das Vorrichten sonstiger Schweissarbeiten.

§ 626. Unter Packetiren (Gärben) versteht man die Vereinigung von flachen Materialstäben, Rohschienen (abgesehen von der Verwendung bereits geschweissten Eisens) zu Bündeln oder Packeten von beliebiger, je nach dem Einzelfall veränderlicher Querschnittsgrösse und -länge, die alsdann dem Hämmer- und Walzverfahren nach vorgängiger Erhitzung zur Weissgluth unterworfen werden.

Für einfache Stabformen von mittlerer Länge und Stärke besteht das Packetiren meist nur in dem Aufeinanderlegen von Rohschienen gleicher Breite zu einem Bündel von meist quadratischem Quer-

schnitt und einer innerhalb gewisser Grenzen fast beliebigen Länge, die wesentlich durch die verlangte Länge des Produktes bedingt war.

Diese einfache Packetirung ist naturgemäss beschränkt durch die geläufigen Rohschienenbreiten, welche früher meist 2″, 3″ und 4″ betrugen, gegebenen Falls aber auch breiter fallen konnten, sobald die Luppenschwere es zuliess.

Sobald die erforderliche Packetbreite 5″ und mehr erreichte, mussten in jede Lage mehrere Rohschienen nebeneinander eingelegt werden, und es wurde zur Haltbarkeit des Packetes erforderlich, eine der Packetbreite entsprechende Unterlagplatte zu benutzen, welche dann gewöhnlich aus bereits geschweisstem Metall bestand.

Ein solches Packet hatte alsdann ausser den Horizontalfugen der einfachen Packetirung noch Verticalfugen und erforderte beim Zusammenschweissen bedeutend mehr an Hitze sowohl als an Kraft, um die Schlacke möglichst auszupressen.

Bei der Verwalzung derartiger Packete zu Flacheisen oder Eisen von ähnlicher Form und bei starkem Druck gelang das Zusammenschweissen in diesen grossen Packeten dennoch vorwiegend gut. Sobald aber daraus Profile von complicirter Gestalt, z. B. Construktionseisen, Bahnschienen, Balken- und Winkeleisen etc., hergestellt werden sollten, zog man es vielfach vor, die eigentliche Schweissung von der weiteren Umgestaltung zu trennen und bewirkte erstere unter Hämmern, letztere unter Walzwerken.

Die ungleichen Streckungen benachbarter Fasern bei dem Walzen complicirter Profile und die Ansprüche an die innere Cohäsion der Walzstücke liessen die Abtrennung des Schweissens vom Weiterbehandeln des Arbeitsstückes in allen Fällen vortheilhaft erscheinen, wo andere als bloss horizontale Schweissfugen vorhanden waren.

Nichtsdestoweniger schweisste man noch sehr lange zusammengesetzte Packete unter Walzen, während, namentlich für Schienen, andere Werke längst dazu übergegangen waren, die Schweissung mit Hämmern zu bewirken und dann erst die Güte der Arbeit zu prüfen. Man erreichte hierdurch eine grössere Dichtigkeit, aber durch das zweifache Erhitzen stellte das Verfahren sich theuerer als das frühere.

§ 627. Man hat zunächst zwischen einfacher und complicirter Packetirung zu unterscheiden, d. h. zwischen Packetirung für einfache und Packetirung für complicirte, resp. Façonprofile. Die Packetirung für die letzteren schliesst eben die im vorigen Paragraph charakterisirten Forderungen ein.

Die Grösse und Form der Packete ist durchaus abhängig von der darzustellenden Waare, Querschnitt, Länge und Gewicht. Dann existirt auch eine gewisse Abhängigkeit von der Walzarbeit selbst, welche indess beim Schweisseisen in geringerem Grad sich bemerklich macht als bei dem Flusseisen, wo sehr interessante Beziehungen zwischen Oberfläche und Masse der Blöcke existiren.

Die einfachste Aufgabe ist das Packetiren für gewöhnliches Stabeisen aus zerschnittenen Rohschienen bei nicht zu grosser Länge der Fertigstäbe. Man kommt alsdann selten zu Packeten, deren Breite diejenige der Rohschienen übertrifft. Meistens liegen die letzteren in einer Breite aufeinander und bilden ein quadratisches oder rechteckiges Prisma von 3—4 Lagen. Sobald die gewöhnlichen Rohschienenbreiten bei der Packetirung überschritten werden müssen, ist man genöthigt, die Packete auf Unterlagplatten aufzubauen oder sie fester zu binden.

Ueber die hierbei maassgebenden Verhältnisse gibt die Tabelle S. 587 Auskunft, in welcher sich die Packetirungen für das Stabeisenwalzwerk einer grösseren oberschlesischen Eisenhütte vereinigt und zur besseren Uebersichtlichkeit und Beurtheilung in Zollmaass, wie ursprünglich ausgedrückt, wiedergegeben finden.

Ausser diesen Packetirungen wandte man und wendet noch andere an, auf welche nur hinzuweisen ist. Um z. B. Eisenabfälle aller Art, namentlich Stabenden aus dem Betriebe, zerschnittene Ausschussstäbe etc. verwenden zu können, bildete man aus Flacheisenstücken längliche, schachtelartige, oben offene Hohlräume, bei denen Boden und Wandungen durch Rundeisen etc. verbunden wurden. In diese Schachteln legten die hierbei gewöhnlich verwendeten jugendlichen Arbeiter die Stabenden etc. ein, dieselben mit möglichst geringen Zwischenräumen einordnend.

Durch Anwendung einer sehr saftigen Hitze wurden derartige Packete zu dichten Kolben zunächst verschweisst, um in der Folge, doch oft anschliessend, dem Walzwerksprocess ohne Weiteres zugeführt zu werden.

Etwas ganz ähnliches, aber streng genommen ebensowenig in das Bereich der Rohschienenpacketirungen gehöriges Verfahren kommt bei der Schroteisenverarbeitung vor. Es werden dort ebenfalls grosse Schachteln, aber von kreisrunder Form aus Blechabfällen und alten Dampfkesselstücken etc. gebildet, in welche man die verschiedenartigsten Eisenabfälle, unter sorgfältigem Ausschluss aller Gusstheile und verzinnten etc. Waaren, einpackte.

Diese grösseren Portionen Alteisen werden in leistungsfähigen Schweissöfen, am besten Siemensöfen, möglichst warm gemacht und gelangen alsdann unter den Dampfhammer, um zunächst zusammengedrückt und schliesslich zu flachen Kuchen oder Platten von rundlicher, unregelmässig begrenzter Gestalt zusammengeschlagen zu werden.

Nach dem Erkalten bricht man diese Platten entzwei, und erst wenn die Bruchererscheinung eine tadellose war, schreitet man zur weiteren Packetirung.

§ 628. Die regelmässigen und einfachen Packetirungen für Puddeleisen lassen sich nach der Stabbreite, dann nach der -dicke, endlich nach der Stablänge, dann schliesslich nach aufsteigender Rohschienenbreite am besten klassificiren. In diesem Sinne sind nach einiger Rectification durch Rechnung die im Original chronologisch aufgezählten und nummerirten Angaben der bezüglichen oberschlesischen Packetirungstabelle angeordnet worden und gestatten, den Zuschlag zu berechnen, welcher der Packetmasse gegeben werden muss, um ausser dem unvermeidlichen Abbrand auch den nothwendigen Walzabfall, Enden etc. zu decken.

1. Flacheisen von 1¾ Zoll Breite.

Dicke (Zoll)	Stablänge (Fuss)	Packetbreite (Zoll)	Packetlänge (Zoll)	Lagenzahl (à 1 Zoll Dicke)
5/16	10	3	16	3
5/16	15	3	16	3
3/8	15	3	21	3
3/8	15	später 3	16½	3
7/16	10	„ 4	12	4
7/16	15	3	25	3
7/16	15	4	12	4
1/2	15	3	28	4
1/2	15	4	20½	4
5/8	15	3	29	3
3/4	15	4	20	4

Dazu ist zu bemerken, dass die gleiche Packetirung des 5/16 Zoll dicken Eisens für 10- und 15füssige Stäbe auffallend ist, da unter Annahme gleicher Packetquerschnitte eine Länge von 12 Zoll rechnungsmässig ausreichend erscheint.

Etwas Aehnliches ist bei dem 3/8 Zoll dicken Eisen zu bemerken, wo für gleiche Verhältnisse die spätere Packetirung mit 16½ Zoll Packetlänge auskommt, während früher 21 Zoll erforderlich schienen.

2. Flacheisen von 1⅞ Zoll Breite.

Dicke (Zoll)	Stablänge (Fuss)	Packetbreite (Zoll)	Packetlänge (Zoll)	Lagenzahl (à 1 Zoll Dicke)
3/8	15	3	24	3
3/8	15	3	später 19½	3
3/8	15	4	15	3
7/16	15	4	14	4
1/2	10	4	15	4
1/2	15	3	30	3
1/2	15	4	15	4
5/8	15	3	31	3
3/4	15	4	22	4

Bei dem 3/8zölligen Eisen hat man ebenfalls später die Packetlänge ermässigt und dadurch eine knappere und vortheilhaftere Arbeit erzielt. Es mag das mit der Einführung des festen Puddelns zusammenhängen, welches ein reineres Produkt ergab.

3. Flacheisen von 2 Zoll Breite.

Dicke (Zoll)	Stablänge (Fuss)	Packetbreite (Zoll)	Packetlänge (Zoll)	Lagenzahl (à 1 Zoll Dicke)
3/8	15	3	24½	3
3/8	15	4	15½	3
3/8	15	4	11	4
7/16	15	4	11	4
1/2	15	4	15	4
9/16	15	4	18	4
9/16	15	4	später 18½	4
5/8	15	4	19	4
5/8	15	4	später 20½	4
3/4	15	4	22	4
3/4	15	4	später 21	4

Bei diesem Eisen ist in den drei letzten Stärken theilweise eine Verkürzung, theilweise eine Verlängerung des Packetes zu bemerken.

4. Flacheisen von 2$^1/_8$ Zoll Breite.

Dicke (Zoll)	Stablänge (Fuss)	Packetbreite (Zoll)	Packetlänge (Zoll)	Lagenzahl (à 1 Zoll Dicke)
$^5/_{16}$	15	3	17	3
$^3/_8$	10	4	13	4
$^3/_8$	15	3	26$^1/_2$	3
$^3/_8$	15	4	14	4
$^1/_2$	10	4	17	4
$^1/_2$	15	4	17	4
$^1/_2$	15	4	später 17$^1/_2$	4
$^5/_8$	15	4	21$^1/_2$	4
$^7/_8$	15	4	20	3

Auffallend ist die Packetgrösse für die 10füssigen, $^3/_8$ Zoll dicken Stäbe, welche bei gleichem Querschnitt eine nur um einen Zoll geringere Länge zeigt als die für 15füssige Stäbe.

5. Flacheisen von 2$^1/_4$ Zoll Breite.

Dicke (Zoll)	Stablänge (Fuss)	Packetbreite (Zoll)	Packetlänge (Zoll)	Lagenzahl (à 1 Zoll Dicke)
$^1/_4$	10	4	14$^1/_2$	4
$^1/_4$	15	4	16	4
$^5/_{16}$	10	4	16$^1/_2$	4
$^5/_{16}$	15	3	19	3
$^3/_8$	10	3	20	3
$^3/_8$	15	4	13$^1/_2$	4
$^7/_{16}$	15	4	12$^1/_2$	4
$^1/_2$	15	4	14	4
$^1/_2$	10	3	26	3
$^5/_8$	10	3	29	3
$^5/_8$	15	4	22	4
$^3/_4$	15	4	26$^1/_2$	4
$^3/_4$	15	4	25	4

Die $^1/_4$ Zoll starken Stäbe zu 10, bezw. 15 Fuss zeigen keine genügende Uebereinstimmung in der Packetirung, ebenso die $^5/_{16}$ Zoll starken; man kann indess annehmen, dass das Endenverhältniss bei dem kürzeren Stab immerhin ungünstiger wirken muss als bei dem längeren.

6. Flacheisen von 2$^3/_8$ Zoll Breite.

Dicke (Zoll)	Stablänge (Fuss)	Packetbreite (Zoll)	Packetlänge (Zoll)	Lagenzahl (à 1 Zoll Dicke)
$^3/_8$	10	4	18	4
$^1/_2$	10	4	20	4
$^1/_2$	15	4	20	4

Auch hier fällt auf, dass die Packetirungen für das $^1/_2$ Zoll dicke Eisen bei 10 und 15 Fuss Stablänge ganz gleiche sind.

7. Flacheisen von 2$^1/_2$ Zoll Breite.

Dicke (Zoll)	Stablänge (Fuss)	Packetbreite (Zoll)	Packetlänge (Zoll)	Lagenzahl (à 1 Zoll Dicke)
$^3/_8$	10	3	20	3
$^3/_8$	15	4	15	4
$^7/_{16}$	15	4	18	4
$^1/_2$	10	4	22	4
$^1/_2$	15	4	22	4
$^1/_2$	15	4	20	später 4
$^5/_8$	10	4	26	„ 4
$^5/_8$	15	4	26	4
$^5/_8$	15	4	11	3
$^5/_8$	15	4	24$^1/_2$	später 4
$^3/_4$	10	4	28	4
$^3/_4$	15	4	28	4
$^3/_4$	15	4	14	3

Hier scheinen einfache und doppelte Längen nebeneinander in der Fabrikation aufzutreten, z. B. bei den $^3/_4$zölligen Stäben, ebenso bei den $^5/_8$zölligen, die theils 15, theils 30 Fuss lang gewalzt und dann zerschnitten wurden.

8. Flacheisen von 2¾ Zoll Breite.

Dicke (Zoll)	Stablänge (Fuss)	Packetbreite (Zoll)	Packetlänge (Zoll)	Lagenzahl (à 1 Zoll Dicke)
½	15	4	23	4
½	15	4	23½	später 4
⅝	15	4	27	4
⅝	19	4	34	4
⅝	22	4	33½	später 4

Interessant ist die Wahrnehmung, wie reichlich man anfänglich für die Steigerung der Länge um 4 Fuss (von 15 auf 19 Fuss) packetirt hat, um dann bei 22füssigen Stäben noch weniger Eisen zu verwenden als bei den 19füssigen.

9. Flacheisen von 3 Zoll Breite.

Dicke (Zoll)	Stablänge (Fuss)	Packetbreite (Zoll)	Packetlänge (Zoll)	Lagenzahl (à 1 Zoll Dicke)
½	15	4	26	4
⅝	15	4	30	4
¾	15	4	33	4
¾	15	4	35	später 4
¾	19	4	33	„ 4
⅞	15	4	39	4
1	15	4	48	4
1	15	4	43	später 4
1	19	4	43	„ 4

Die früheren und späteren Packetirvorschriften bei dem ¾ Zoll und dem 1 Zoll dicken Eisen zeigen ähnliche Unterschiede und ähnliches Voranschreiten in der knappen Abfallbemessung, wie bei den vorigen Sorten hervorgehoben ist.

10. Flacheisen von 3⅛ Zoll Breite.

Dasselbe wurde nur in einer Dicke von ⅝ Zoll, aber in zwei Längen (19 und 22 Fuss), zu Bauconstruktionen bestimmt, gewalzt und in 4 Lagen 4zölliger Rohschienen von bezw. 36½ und 40 Zoll packetirt.

11. Flacheisen von 3½ Zoll Breite.

Dicke (Zoll)	Stablänge (Fuss)	Packetbreite (Zoll)	Packetlänge (Zoll)	Lagenzahl (à 1 Zoll Dicke)
¼	15	4	13	4
⅞	15	4	16	3
1	15	4	18½	4
1⅛	15	4	23	4
1¼	15	4	27	4
1⅜	15	4	26	4
1⅜	15	4	27	4
1½	15	4	33	4
1½	15	4	30	4
1⅝	15	4	34	4
1⅝	15	4	32	4
1¾	15	4	40	4
1⅞	15	4	35	4
2	15	4	39	4
2	15	4	41	4

Dieses sehr gebräuchliche Eisensortiment zeigt ebenfalls Verbesserungen derselben Packetirungen.

12. Flacheisen von 4 Zoll Breite.

Dicke (Zoll)	Stablänge (Fuss)	Packetbreite (Zoll)	Packetlänge (Zoll)	Lagenzahl (à 1 Zoll Dicke)
$^1/_{16}$	15	3	13	3
$^1/_8$	15	3	18	3
$^3/_{16}$	15	4	12	4
$^1/_4$	15	4	15	4
$^5/_{16}$	15	4	18	4
$^3/_8$	19	4	$21^1/_2$	4
$^7/_{16}$	19	4	25	4
$^1/_2$	15	4	29	4
$^1/_2$	19	4	$26^1/_2$	4
$^3/_4$	15	4	36	4
$^3/_4$	19	4	36	4
1	15	4	46	4

Diese Reihe von Eisensorten enthält zwei wirkliche Bandeisensorten, welche hier direkt aus Rohschienen und durch Schweissung, nicht aus bereits geschweissten Stäben dargestellt sind. — Am verschwenderischsten wird bei dem Packet für den $^1/_2$zölligen, 15füssigen Stab mit dem Material umgegangen, während der später dargestellte 19füssige Stab weniger Packetmasse beansprucht.

Ausser diesen „currenten" Längen hat dasselbe Werk für einen Brückenbau noch folgende Dicken und Längen fabricirt, dabei sich aber grosser Packete von 6×6 und 7×6 Zoll Querschnitt bedient, welche theils bloss gebunden, theils auch mit Deck- oder Fussplatten versehen waren.

Die Stab- und Packetabmessungen waren dabei folgende:

Dicke (Zoll)	Stablänge (Fuss)	Packetbreite (Zoll)	Packetlänge (Zoll)	Lagenzahl (à 1 Zoll Dicke)
$^3/_8$	36	6	23	6
$^3/_8$	36	7	23	6
$^1/_2$	36	7	30	6
$^1/_2$	38	6	33	6
$^5/_8$	38	6	39	6
1	38	7	38	6

Das Eisenwerk hat durch die Ausführung dieser Arbeiten erheblichen Schaden gelitten, da diese Arbeiten zu einem höheren Orts festgesetzten Preise zwangsweise ausgeführt werden mussten.

13. $4^1/_2$—5zölliges Specialeisen.

Zu den vorstehenden Stäben von damals sehr grosser Länge gesellte sich noch $4^1/_2$- und 5zölliges, 1 Zoll dickes Eisen, dessen Packetirungsabmessungen für 38 Fuss lange Stäbe

bei dem $4^1/_2$zölligen Eisen . . . 7 Zoll Breite, 43 Zoll Länge bei 6 Lagen,
„ „ 5 „ „ . . . 7 „ „ 47 „ „ „ 6 „

gewesen sind.

Unterlags- und Deckplatten.

Breite (Zoll)	Dicke (Zoll)	Stablänge (Fuss)	Packetbreite (Zoll)	Packetlänge (Zoll)	Lagenzahl (à 1 Zoll Dicke)
6	$^3/_{16}$	15	6	14	7
7	$^3/_8$	19	5	23	7
7	$^1/_2$	19	5	29	7

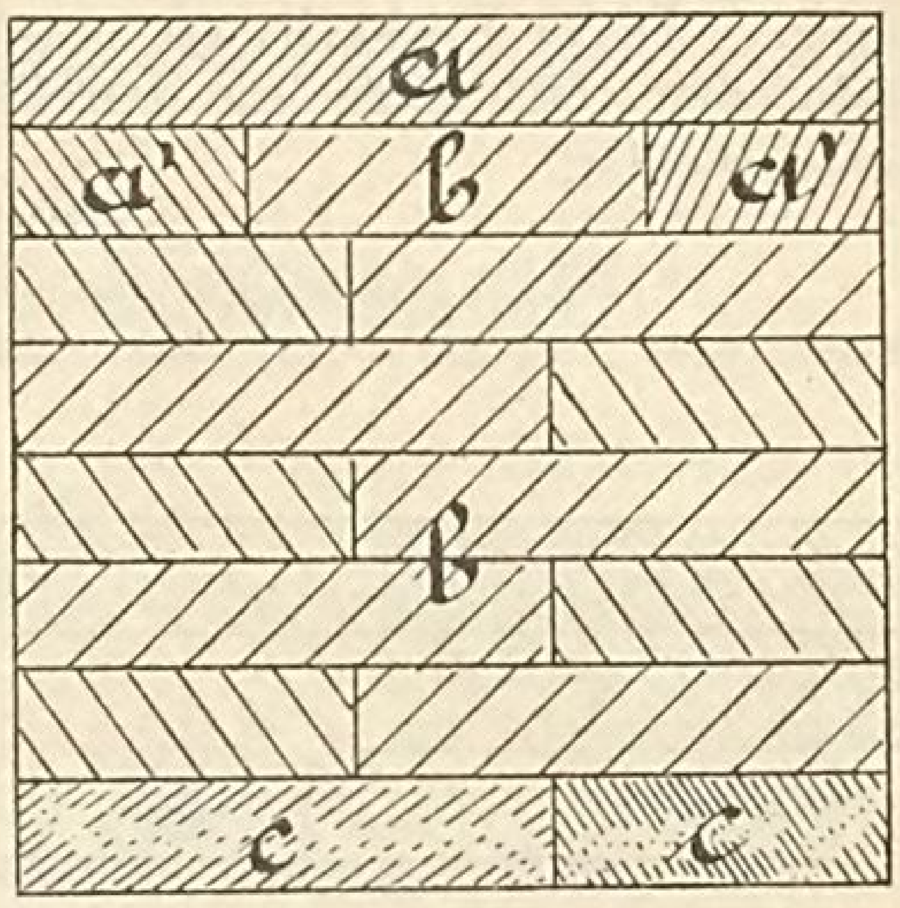
Diesen Unterlags- und Deckplatten schlossen sich die für verschiedene Packetirungen erforderlichen Kopf- und Fussplatten aus besonderen Eisenqualitäten an, welche bei der alten Herstellung von Schienen und anderweitigen Façonprofilen, Doppel-T-Eisen etc. verwendet wurden und zum Theil noch überall da verwendet werden, wo noch geschweisste Waare hergestellt wird.

§ 629. Die complicirten Packetirungen, von denen bereits oben die Rede war, haben heute nicht das Interesse mehr, welches dieselben vor Einführung und Verbreitung der Flusseisenprocesse gehabt hatten, und es genügen demgemäss die folgenden Beispiele vollkommen.

Von allen Profilen, welche besondere Rücksichten bei der Zusammenstellung und dem Aufbau der Packete verlangten, beanspruchten die Bahnschienen in erster Reihe die Aufmerksamkeit.

Nachdem man von der gewöhnlichen, aus Luppen hergestellten schweisseisernen Schiene, die in allen Theilen des Profils gleiche Beschaffenheit hatte, nicht mehr befriedigt war, als in Folge allmäliger Verkehrssteigerung, wachsender Fahrgeschwindigkeit u. a. m. die Dauer der Schiene immer mehr abnahm, gingen die Eisenwerke allmälig dazu über, für die einzelnen Theile des Profils auch die entsprechenden Eisensorten zu verwenden, um der Abnutzung thunlichst zu begegnen und gleichzeitig die Verwendbarkeit der Schiene zu steigern.

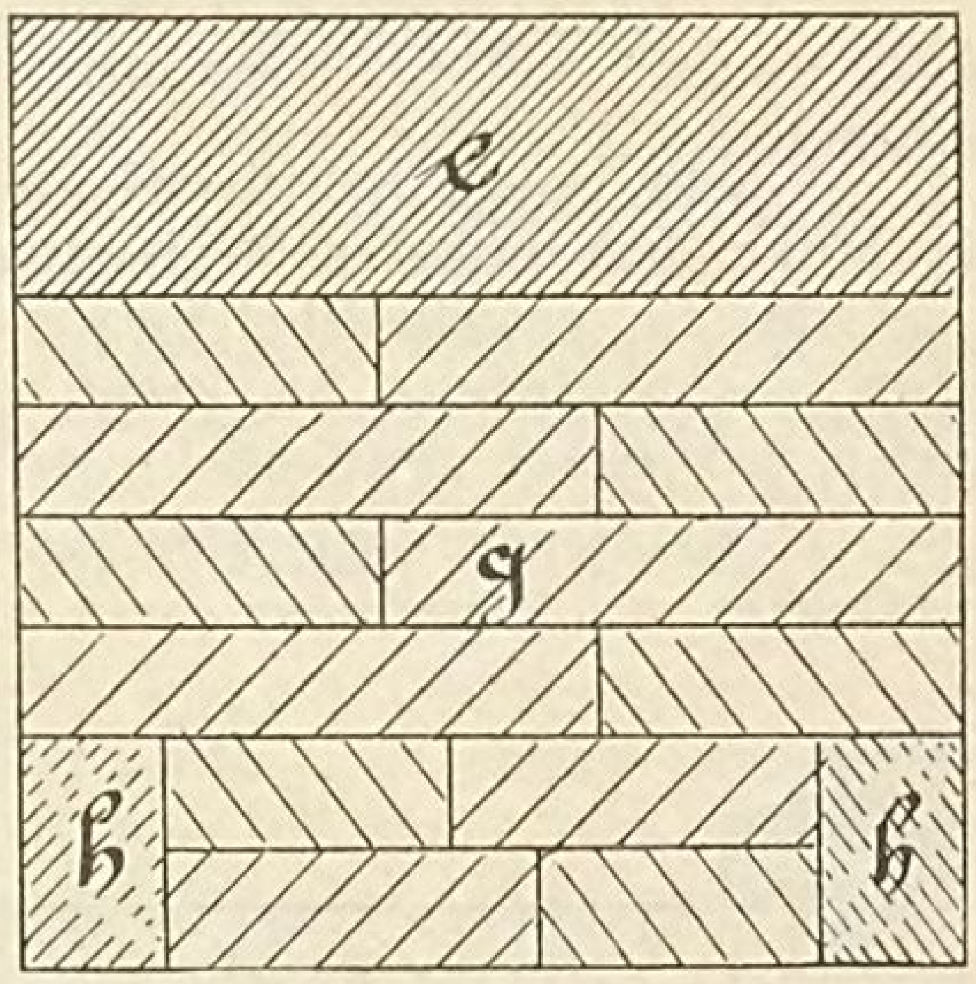
Zunächst suchte man Kopf und Fuss der Schiene aus demjenigen Material herzustellen, welches für die betreffende Beanspruchung die besten Widerstandsverhältnisse bot. Man wählte als Material für den auf Reibung und Zerdrücken in Anspruch genommenen Kopf ein feinkörniges Eisen, wie es mittels des Schlackenpuddelns leicht herstellbar war, und gab dem Fuss ein durch mehrfache Schweissung verdichtetes Material. Diese beiden, im Verhalten beim Schweissen etwas auseinanderliegenden Materialien suchte man durch Zwischenlagen von gewöhnlichen, leicht schweissenden Rohschienen zu vereinigen. Auch quadratisch façonnirte Abfälle, Schienenenden, welche nach Verlassen der Warmsägen noch rothwarm zum nächsten Vorstreckwalzwerk gebracht und auf etwa Rohschienendicke zu Flach- oder Quadratstäben verwalzt worden waren, packte man mit in die Packete hinein und bildete daraus namentlich die Flügel des Schienenfusses.



Als Beispiel dienen die folgenden, der Praxis entnommenen Fälle. Die anfänglich allein benutzte, mässig starke Deckschiene oder Deckplatte wurde von Feinkornluppenstäben gemacht und war deshalb bereits einmal geschweisst. Unter derselben kam eine Lage, welche aussen aus Feinkornluppenstäben, innen aus einem breiten Luppenstab von sehnigem Eisen bestand. Die nächsten fünf Lagen enthielten nur sehnige Luppenstäbe, während die letzte, siebente, Lage aus abgeschweisstem Eisen, gewöhnlich Abfällen, bestand.

In der nebenstehenden Figur (Hollenberg, Walzenkalibrirung, S. 108), welche die Anordnung ungefähr angibt, bezeichnet *a* die Kopfplatte aus einmal geschweisstem Feinkorneisen, während *a' a'* die untergelegten Feinkornluppenstäbe darstellt. Die weitschraffirten Querschnitte *b b* sind die Luppenstäbe gewöhnlicher Art, während mit *c c* die aus Abfällen etc. hergestellten Fussbestandtheile gemeint sind.

Man ist im Interesse der Consistenz des Schienenkopfes, welcher ja naturgemäss der angegriffenste Theil der Schiene ist, bald dazu übergegangen, die Kopfplatte durch vorgängiges sorgfältiges Schweissen und Walzen homogener zu machen und hat sie gleichzeitig stärker hergestellt.



Eine dementsprechende Packetconstruktion zeigt die zweite der nebenstehenden Figuren, in welcher *e* die sehr starke (mehr als doppelte Rohschienendicke) Feinkorndeckplatte, *g* die Rohschienen gewöhnlicher mittlerer Beschaffenheit und *h* das aufrecht gestellte abgeschweisste Eisen (aus Abfällen gewalzt) darstellen.

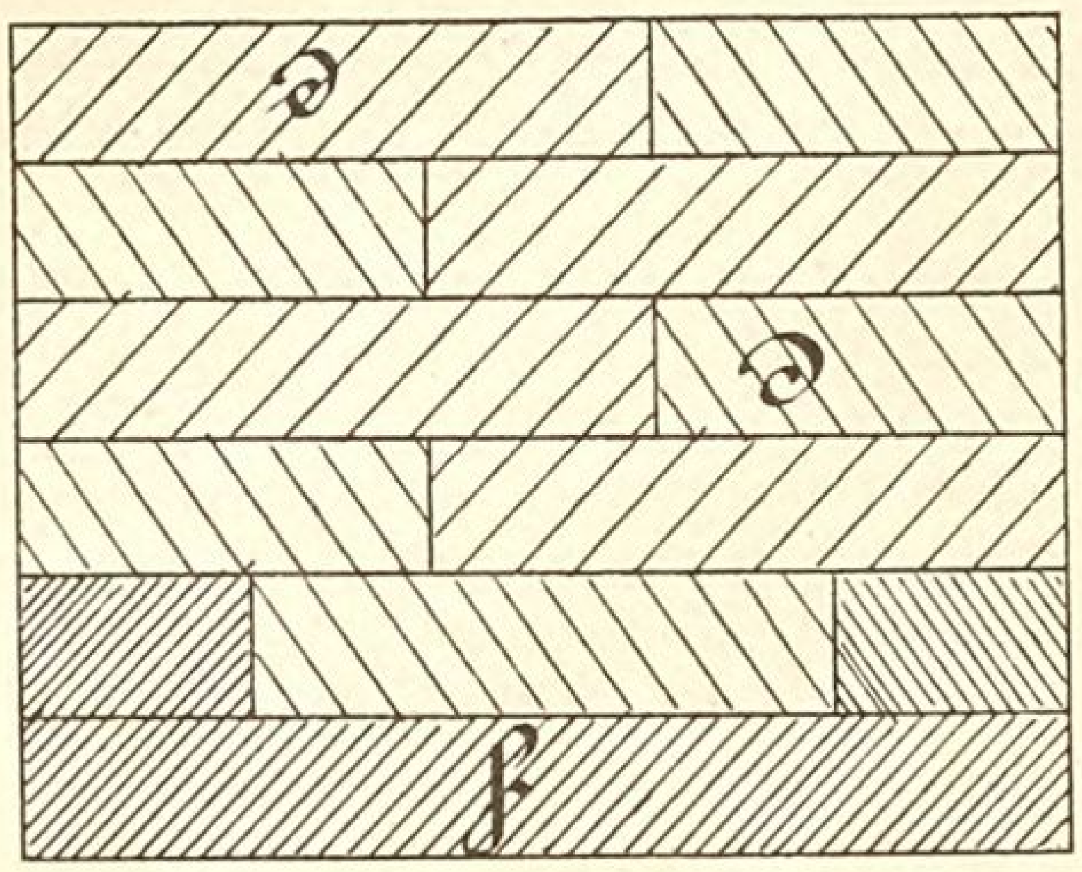
Ganz ähnlich gestaltet sich die Packetirung, wenn sogenanntes Grobkorn oder Kaltbruch zur Herstellung des Kopfes genommen werden soll. Viele Eisenbahnverwaltungen haben nach Einführung der Flusseisenschiene noch lange Jahre hindurch die so packetirte Schweisseisenschiene verwendet, welche dem plötzlichen Brechen nicht so sehr ausgesetzt schien als ungleiche und spröde Flusseisenschienen.

Nicht zu vergessen ist, dass man diese zum Theil sehr hohen und starken Packete unter dem Hammer schweisste und auf das Maass des ersten Walzkalibers brachte. Dadurch erzielte man eine innigere Vereinigung und fehlerfreiere Schweissung.

§ 630. Beim Ersatz der körnigen und kaltbrüchigen Kopfplatten durch solche aus gepuddeltem Stahl hatte man natürlich mannigfache Schwierigkeiten zu überwinden; die Schweissung von glatt aneinanderstossenden Flächen gerieth nicht immer und man musste zu Zwischenlagen ähnlichen Eisens, zu eigenthümlichen Verschränkungen der Berührungsflächen von Kopf- und Stegmassen etc. greifen, um ans Ziel zu kommen.

Es mag daran erinnert werden, dass verschiedene Eisenwerke, welche Stahlkopfschienen herstellten, die Kopfplatte aus Puddelstahl mit einer oder mehreren vorspringenden Rippen versahen, in deren Zwischenraum die feinkörnigen oder sehnigen Rohschienen der nächsten Lage passten. Dadurch bildeten sich im Laufe des Walzens interessante Substanzverschränkungen auf dem Querschnitt der Schiene aus, welche zur festeren Adhäsion des Stahlkopfes erheblich beitragen mussten.

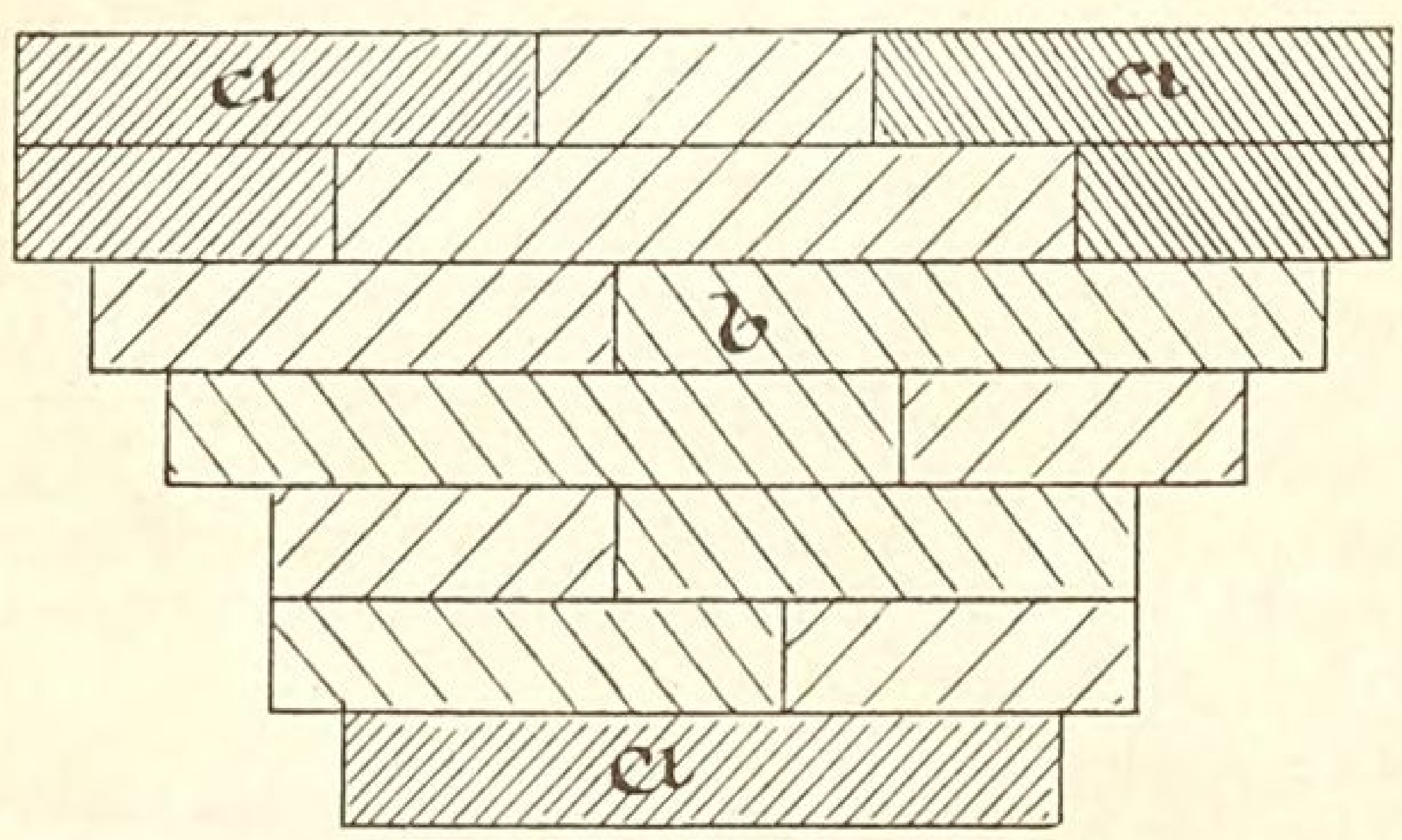
Aetzungen der geschliffenen Profilflächen solcher Schienen zeigten, dass sich die Rippen der Kopfplattenunterseite als abgeplattete Wurzeln in den Steg der Schiene hineingedrückt hatten und bis nahezu in die Mitte der Schienenhöhe reichten. Da die Herstellung solcher unterwärts gerippter Kopfplatten immerhin umständlich war und dadurch kostspielig, und da der Erfolg nicht als ein durchaus sicherer bezeichnet werden konnte, so ersetzte man die Kopfplatten durch Stahlrohschienen und bildete auch die Mittellagen, d. h. die Hauptmasse des Schienenprofils daraus, nur für den Fuss, namentlich die Flügel desselben, sehniges, aber bereits einmal geschweisstes Eisen reservirend.



In der nebenstehenden Skizze, welche Hollenberg (a. a. O., S. 116) mittheilt, besteht die Hauptmasse des Packets *dd* aus im Puddelofen nachgewärmten Stahlrohschienen, während die Fussplatte und die äussersten Schienen der darüber befindlichen Schicht aus guten, einmal geschweissten Eisenbrammen *f* gebildet waren.

Diese Packetirung, obschon nicht homogen, wird dennoch als reine Stahlschiene bezeichnet und bildet den Uebergang zu den Flussstahlschienen, von denen sie sich nur durch den haltbareren Fuss unterscheidet.

§ 631. Aehnlich wie bei der Eisenbahnschiene ist es bei anderen complicirten Profilen, von denen hier indessen nur das einfache und das doppelte T-Eisen herausgegriffen werden sollen.

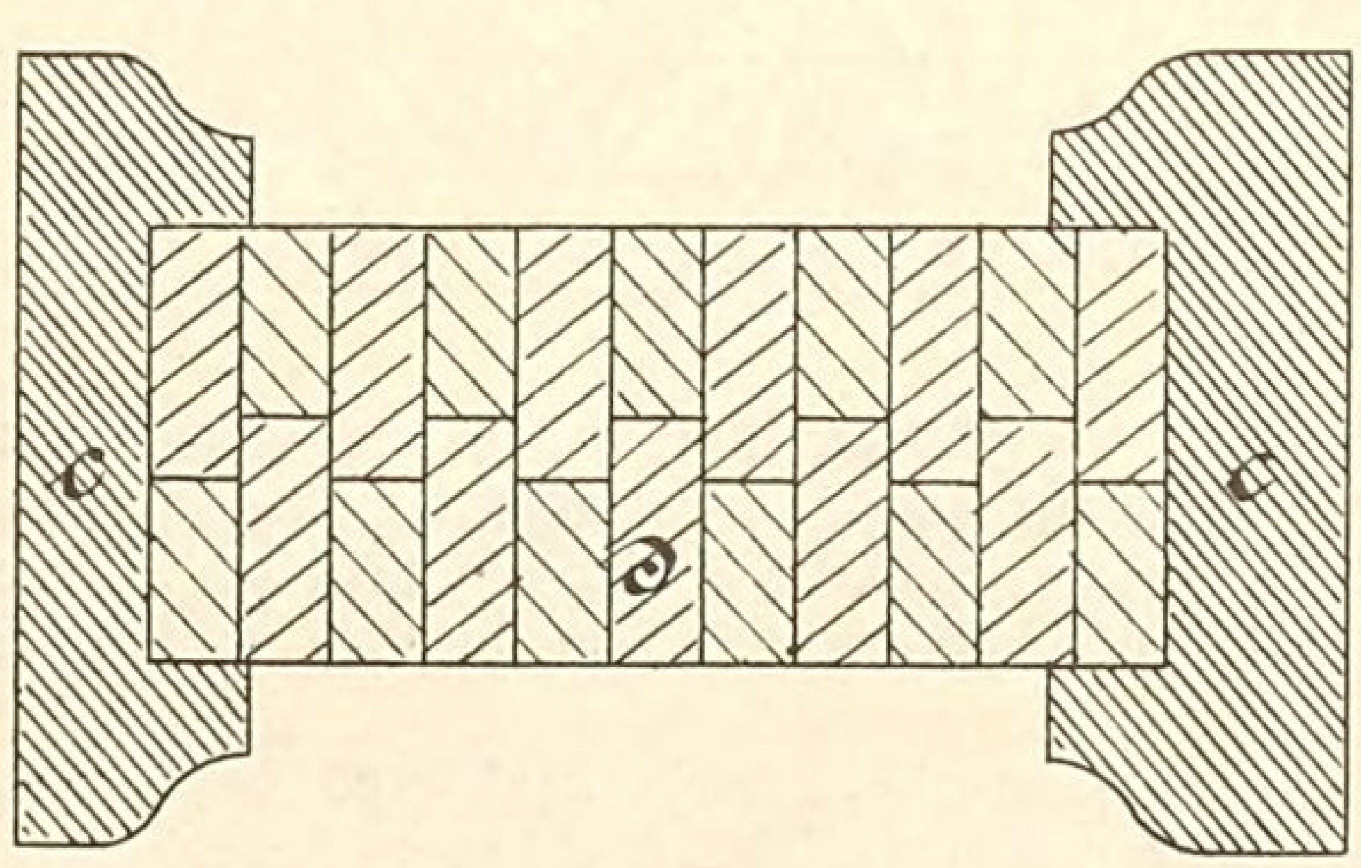


Das in nebenstehender Skizze wiedergegebene Packet für T-Eisen besteht aus gewöhnlichen Rohschienen *b* und aus oft geschweisstem Eisen *a a*.

Die Form des Packets ist eine solche, welche dem ersten der anzuwendenden Kaliber entspricht und in etwas sich der Umrissgestalt des Kalibers anschliesst. Man erkennt leicht, dass das doppelt oder noch öfters geschweisste Eisen da eingelegt ist, wo sich die Flügelenden des Fusses und das Ende der Mittelrippe befinden und eine reinere Ausbildung des Profils auf alle Fälle mit Sicherheit erreicht werden muss. Derartige Combinationen können auch mit noch stärkerer Berücksichtigung des mehrfach geschweissten Eisens eingerichtet werden und die Verwendung der Abfälle dürfte auch hier mitspielen.

Sehr grosse Schwierigkeiten machten vor Allem die Doppel-T-Träger oder Balkeneisen, sobald die Füsse dem grössten Widerstand gegen Zerbrechen entsprechend ausgebildet waren. Man suchte zwar für die gewöhnliche Verwendung sich durch Anordnung schmaler Füsse und dickerer Stege zu helfen und behandelte das Profil wie ein mit Seitenwulsten versehenes Flacheisen, doch für Ingenieurbauten war dieses gewöhnliche Balkenprofil unbrauchbar.

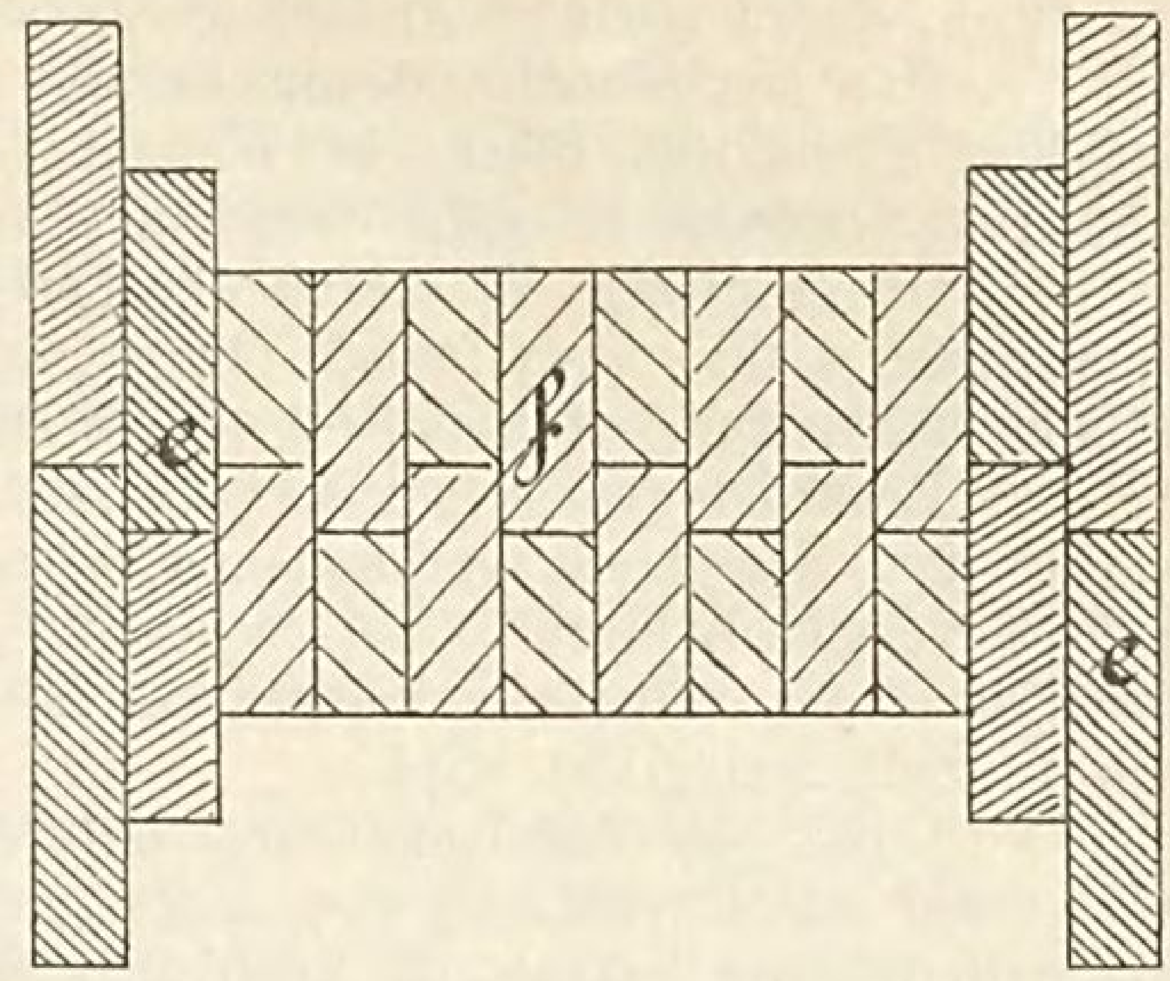
Die neuen deutschen Normalprofile (Heinzerling und Intze), welche aus langjährigen Verhandlungen von Bau-Ingenieuren und Eisenwerks-Vertretern hervorgegangen sind, haben die Fussbreite im wünschenswerthesten Verhältniss berücksichtigt und daher konnte man in der Packetirung und der Kalibrirung nicht auf dem bequemen, namentlich von den Belgiern beschrittenen Wege bleiben, sondern musste die weitere Ausbildung der Fabrikation im Auge behalten.



Die nebenstehende Figur stellt die ältere Packetirung für Doppel-T-Eisen dar.

Das Packet, aus elf Lagen von Rohschienen gebildet und in entsprechender Grösse angeordnet, wird oben und unten durch besondere, mit Rändern versehene, sohlplattenartige Deck- und Fussplatten *cc* abgeschlossen, welche die letzten Lagen noch in sich einschliessen. Dadurch kommt von selbst nur mehrfach geschweisstes Eisen in die Flügel der Füsse hinein und vermittelt deren richtige Füllung und gute Ausbildung.

Später ging man davon ab, die End- oder Deckplatten in der angedeuteten Form anzuwenden und packetirte wie die nebenstehende Skizze zeigt. Acht Lagen von Luppenstäben *f* werden oben und unten durch breitere Deckplatten *e e* von gleicher Dicke, aber durchaus glatter Fläche abgeschlossen und gedeckt, welche aus einmal geschweisstem Eisen hergestellt sind und unter Flachwalzen vorbereitet werden.



§ 632. Selbstverständlich gehören zu einer Packetirungsanlage auch noch Scheeren und andere Trennungsvorrichtungen zur genauen Abmessung der Packetlängen. Derartige Construktionen, welche theilweise durch die Walzwerksmaschinen, theilweise durch selbstständige Motoren betrieben werden können, bilden eigentlich Theile der Zurichtungsanlagen der Walzwerke oder sind entsprechenden Vorrichtungen derselben vollkommen ähnlich, so dass sie sich in ihrer Wirkung mit denselben decken.

C. Das Vorblocken für die Flusseisenblöcke, beziehungsweise die Herstellung verschiedener Materialdimensionen.

§ 633. Aus Früherem war bereits ersichtlich geworden, dass die Flusseisendarstellung fast vollkommen dichtes Material liefert, welches ohne Weiteres zur Verarbeitung gelangen kann.

Man sollte nunmehr glauben, dass die Freiheit, in welcher man sich bei dem Ausgiessen eines flüssigen Produkts bezüglich der Grössen- und Gestaltsverhältnisse der Blöcke befindet, die Herstellung jeder für eine bestimmte Verarbeitung geeigneten Blockgrösse und -form gestattete, und dass man, um mit demselben Walzwerk z. B. Träger desselben Profils von verschiedener Länge zu walzen, nur Blöcke von ebenfalls verschiedener Länge zu giessen brauchte, die dann in dasselbe Anfangskaliber des Walzwerkes gesteckt werden könnten.

Dem scheint nicht so zu sein, da Erfahrungen, weniger bei Bessemer- als bei Thomasprodukt, vorliegen, welche die Abweichung von einem gewissen Verhältniss zwischen Länge und Querschnitt des Blockes, speciell die Vergrösserung der Länge bei gleichbleibendem Querschnitt als verhängnissvoll für die Qualität der Walzwerksprodukte erscheinen lassen.

Man wird demgemäss für grössere Längen entweder noch einige Vorkaliber mehr einzufügen haben, d. h. die Zahl der Durchgänge durch die Walzen vergrössern müssen, oder den Flusseisenblock durch ein abgetrenntes Verfahren bis zu einer gewissen Länge strecken, bezw. bis zu einem gewissen Querschnitt herabzumindern haben. Dies kann durch Schmieden oder durch Walzen geschehen und, falls die Hitze ausreicht, in direktem Anschluss an das weitere Vorarbeiten.

Ein solcher Anschluss, welcher ein einfaches Erweitern des seitherigen Verfahrens sein würde, ist nicht immer ausführbar und meist muss zwischen dieser ersten und der Endbearbeitung ein nochmaliges Erwärmen eingeschaltet werden. Dadurch wird die Arbeit des Vorblockens auch äusserlich ganz losgelöst von der Weiterverarbeitung und es geschieht dies fast allgemein bei der Herstellung dreifacher Eisenbahnschienenlängen etc.

Man geht dann natürlich nur so weit, als es die Rücksicht auf das Unterbringen der vorgeblockten Stücke in den Wärmöfen erlaubt, deren Breite schliesslich auch eine Grenze findet. Die Engländer u. A. haben bis zu $3^1/_2$ m Länge ihre Blöcke vorgestreckt und legen sie dann in Siemensöfen ein, die nicht gut viel breiter zu machen sein dürften, als hier angegeben. Von da kamen die Stücke erst auf das Fertigwalzwerk, um zu dreifachen Schienen ausgestreckt zu werden.

Im Gegensatz zu diesem Verfahren, das auch auf dem Continent verbreitet ist, gibt es Anstalten, wo man streng darauf gesehen hat und noch sieht, dass der Block genau die Substanz einer Schiene enthält und in einer Hitze mit geringem Abfall ausgewalzt wird.

§ 634. Es treten aber auch noch andere Fälle ein, wo ein Umgestalten der Flusseisenblöcke zu der für bestimmte Walzprocesse geeigneten Materialform vorgenommen wird. Es ist dies nothwendig, sobald die Materialform und -grösse unter ein gewisses Maass heruntergeht, welches aus verschiedenen Rücksichten nicht direkt als Ingot oder Block hergestellt werden kann, namentlich weil das Maass gewöhnlich zu klein ist oder weil Länge und Durchmesser nicht im richtigen Verhältniss sind, um rissfreie Waare zu geben.

Ein solches Vorblocken findet deshalb statt, wenn die verlangte Materialform (Drahtbillet, Blechsturz) oft in abnormer Länge oder mit flachem Querschnitt herzustellen ist.

Ein anderer Umstand veranlasste vielfach zu einem durchgängigen Vorblocken aller Güsse: die im Interesse rascheren oder gesteigerten Betriebes versuchte Herstellung von nur sehr grossen Blöcken, deren geringe Anzahl die bessere Ausnutzung der vorhandenen Giessgrube ermöglichte.

Man verwandelte demnächst in einem besonderen, sehr kräftigen Triowalzwerk die aus den Coquillen geschälten Blöcke in Walzstücke von dem für die verschiedenen Zwecke geeignetsten Querschnitt und schnitt sie sofort auf einer Warmsäge auf die gewünschte Länge ab.

Ob in diesem Verfahren ein Vortheil liegt, kann bezweifelt werden; der Platzersparniss in der Dammgrube steht unzweifelhaft ein grösserer Zeitverbrauch gegenüber, da die massigeren Blöcke jedenfalls mehr Zeit zur Abkühlung bis auf die zum Verwalzen geeignete Temperatur gebrauchen als die leichteren.

Resultirt aber wirklich noch ein Vortheil, so ist zu bedenken, dass die Kosten des Blockwalzwerkes und der damit verbundenen Scheere das Verfahren ebenfalls belasten. Es wird eine derartige Anlage vermuthlich nur dann zu rechtfertigen sein, wenn eine beträchtliche Verjüngung vorwiegend auszuführen ist, und wenn dadurch bei den vorhandenen Walzwerken eine grössere Ersparniss an Kalibern wie an Zeit ermöglicht wird.

Unter das Vorblocken im weiteren Sinn kann man endlich noch diejenigen Vorgänge rechnen, welche bei der Herstellung von endlosem Eisen, z. B. Radreifen, bei den Materialblöcken Platz greifen. Ein cylindrischer kurzer, oft auch abgestumpft konisch gegossener (Crewe) Flusseisenblock wird unter dem Dampfhammer etwas gedichtet, dann gelocht, ringförmig ausgeweitet und nach und nach auf den Querschnitt und Durchmesser gebracht, die für das Reifenwalzwerk geeignet sind.

Wie hier bereits geschehen, kann auch in anderen Fällen das Vorblocken auch unter Hämmern stattfinden, und es trägt die Anwendung dieser Bearbeitungsmethode entschieden zu der Verdichtung des Gefüges bei, was ja bei Flusseisen der Gaseinschlüsse wegen von grosser Wichtigkeit sein kann. Ob hierbei die Herstellung grosser, dann vorzublockender Stücke nicht auch noch einen zusätzlichen, nachtheiligen Einfluss entwickelt, ist nicht sicher, aber auch nicht unwahrscheinlich. Jedenfalls sind die Erstarrungsverhältnisse andere als bei der Anwendung kleinerer Blockformen und es werden sich im Ganzen grössere Eigenschaftsdifferenzen zwischen Kern und Schale zeigen als bei der Herstellung gewöhnlicher Massenverhältnisse.

D. Das Erhitzen sowohl vor als zwischen und nach der Bearbeitung.

§ 635. Die Abkühlung, welche während der ersten Stadien der Bearbeitung aller Rohprodukte der hier in Frage kommenden Darstellungsprocesse eintritt, ferner die Ausführung der Schweissarbeiten erfordern die ein- und mehrfache Erwärmung der zu bearbeitenden Stücke.

Ebenso ist in vielen Fällen eine Nacherwärmung erforderlich oder angebracht, weil viele der mechanischen Umgestaltungsprocesse eine starke Härtung und eine Steigerung der Sprödigkeit verursachen, welche nicht gestattet, die fertigen Artikel ohne Weiteres dem Gebrauch zu übergeben.

Es sind hierbei sehr verschiedene Temperaturen zur Anwendung zu bringen, je nachdem es sich um eine oder die andere der genannten Wirkungen handelt.

§ 636. Die Schweissung verlangt stets die Herstellung einer vollständigen Weissgluth, während die Vorbereitung zum Hämmern, Pressen und Walzen sich mit einer weit niedrigeren Temperatur begnügen kann. Das Nachglühen der fertigen Waare endlich verlangt nur dunkle Rothgluth, theils in offenen, theils in geschlossenen Apparaten.

Am einfachsten ist die Erwärmung in den Fällen hervorzubringen, in welchen Schmiedeeisen zur Schweisshitze gebracht werden soll; das Material ist wenig empfindlich sowohl gegen die Temperatur als auch gegen die Beschaffenheit der Feuerungselemente, Brennstoffe und Gase, und es kommt wesentlich auf die Erzielung einer Maximaltemperatur an.

Alle Sorge richtet sich auf gute Befeuerung und kräftigste Ausnutzung des Brennstoffes im kleinsten Raum.

Viel schwieriger ist es, Stahl zu schweissen oder zu gärben, obschon seine Schweisstemperatur niedriger liegt. Hier kommt es vor Allem darauf an, die Zusammensetzung des Stahls möglichst unangetastet zu lassen und deshalb Alles fernzuhalten, was auf die Zusammensetzung einen nachtheiligen Einfluss ausüben könnte.

Wie früher, Eingangs dieses Buches, und später wiederholt dargethan, tritt eine Veränderung des Kohlenstoffgehalts und damit aller Haupteigenschaften des Stahls in der Atmosphäre der Feuerungsanlagen sehr leicht ein, und besonders ist eine oberflächliche Entkohlung, die sich später auf das Stück vertheilt, möglich, sobald der Heizapparat nur im Geringsten eine oxydirende Wirkung zeigt.

Man wendet daher bei dem Bau der Heizapparate allerlei Vorsichtsmaassregeln an, die sich besonders gegen das Eintreten des „Verbrennens" richten und welche vielfach den Ausschluss von solchen Apparaten veranlasst haben, die nicht mit gleicher Sicherheit diese Erscheinung fernzuhalten vermochten, z. B. von einzelnen sonst sehr vervollkommneten Gasfeuerungsanlagen.

§ 637. Das Vorwärmen von Blöcken aller Art, seien dieselben unter dem Hammer vorbereitete Schweissprodukte oder Flusseisenblöcke, erfordert je nach der Natur des Metalls verschiedene Sorgfalt. Während die durch Schweissung erzielten Blöcke oder Brammen, wie sie z. B. für die Herstellung von schweisseisernen Schienen früher vielfach gemacht wurden und wie sie für die Blech- sowie für die Brücken- und sonstigen Construktionseisen noch jetzt mit Vorliebe benutzt werden, bis nahe zur Schweisshitze, kleinere Materialstücke, z. B. Draht- und Bandeisenbillets (die rasch abkühlen) bis zur Schweisshitze selbst erwärmt werden, muss man bei den Flusseisenblöcken vorsichtiger verfahren, da auch hier die Möglichkeit des Anbrennens mitspricht.

Die Qualität der darzustellenden Waare und die Höhe der Ansprüche, der sie zu genügen hat, kommen allerdings bei der Bemessung der Vorsichtsmaassregeln in Betracht, deren möglichste Einschränkung mit einem pecuniären Vortheil identisch ist.

Wie schon vorher für das Stahlschweissen angedeutet worden ist, verlangt auch das Vorwärmen oder Vorheizen der Flusseisenblöcke bestimmte Rücksichten und eher eine reducirende, bezw. neutrale Atmosphäre in dem Ofen, als die gewöhnlich oxydirende.

Wie später hervorgehoben werden soll, tritt hier ganz besonders die Concurrenz von einfachen Feuerungen oder von Gasfeuerungen mit einfacher Luftregeneration gegenüber den vollkommenen Gasfeuerungen deutlich hervor und hat nicht unwesentlich dazu beigetragen, die Anwendung der letzteren auf solche Fälle zu beschränken, in denen auf die Qualität der Produkte keine erheblichen Rücksichten zu nehmen waren.

Viele derselben werden in so sehr grossen Mengen dargestellt, dass man den betreffenden Oefen ganz besonders leistungsfähige Abmessungen sowie Einrichtungen gegeben hat, welche continuirlichen Betrieb gestatten. Die Rollöfen, welche vielfach Darstellung gefunden haben und in der verschiedensten Weise den gemeinsamen Grundsatz ausbeuten, die Einsätze dem Feuer entgegen zu bewegen, sind für continuirlichen Betrieb die vollkommensten Apparate, obschon sie zur ausnahmsweisen Verwendung für andere Fabrikate sich wenig eignen und deshalb eigentlich nur für grösste Produktionen gleichartiger Waare in dauernder Anwendung stehen. Wo verschiedenartige Produkte nebeneinander, bezw. abwechselnd fabricirt werden müssen, ist man von dem Rollofen abgekommen, obschon für eine länger andauernde Herstellung gleichartiger Dinge ein Rollofen gewisse Vortheile bietet. Ein oft und lange kalt liegender Rollofen ist aber oftmals theurer als ein zeitweilig ungünstiger arbeitender, aber im Ganzen fortdauernd geheizter anderer Ofen.

Die Specialbetrachtung der hierher gehörenden Apparate wird eine sehr grosse Verschiedenheit in der Auffassung und Durchführung der Heizaufgabe zeigen.

E. Das Hämmern und das Pressen.

§ 638. Die Benutzung von Hämmern findet im Verlauf der Umgestaltungs- und Veredelungsprocesse des schmiedbaren Eisens noch mehrfach statt, nachdem diese Apparate beim Zängen und Zurichten der Rohprodukte bereits eine sehr wichtige Arbeit verrichtet haben. Rechnet man die sämmtlichen Fein- oder Fertigschmiedearbeiten ab, welche ja naturgemäss mehr Sache der Construktionswerkstätten als des Hüttenbetriebs sind, so ist namentlich das Hämmern als Verdichtungsmittel der Metalltextur bei einzelnen Verarbeitungen des schmiedbaren Eisens von Wichtigkeit.

Ein Beispiel, an welchem die Nothwendigkeit des Verdichtens der Textur mit Vorliebe gezeigt wird, ist das Abschmieden der Geschützrohblöcke. Um mit zunehmender Grösse dieser Materialformen die Verdichtung zu einer allgemeinen oder durchgreifenden zu machen, vergrösserte man das Gewicht der Dampfhammerbären fortdauernd und gelangte schliesslich zu den Riesenapparaten, welche bei Krupp, in den Arsenalen zu Woolwich und Perm, im Creusot und endlich auf den Stahlwerken zu Terni in Betrieb gelangt sind. Diese durch Anlage- und Unterhaltungskosten sowie im Betrieb selbst kostspieligen und mit zunehmender Grösse immer unbeholfener werdenden Apparate lassen das Ziel nicht einmal immer mit der Sicherheit erreichen, welche für die Bestimmung des Produkts wünschenswerth wäre.

Es sind mit verschiedenen Guss- und Flussstahlsorten dabei Erfahrungen gemacht worden, welche die Benutzung schwerer Dampfhämmer als nur in gewissen Grenzen sicher hinstellen, was übrigens schon durch ein einfaches theoretisches Raisonnement sich ergibt.

Der Schlag auf ein Stück dehnbaren Materials ergibt in demselben eine von aussen nach innen abnehmende Verdichtung des Gefüges, welche eine Reihe von Uebergängen darstellt, deren mehr oder minder rasche Aufeinanderfolge von dem Verhältniss des Hammerstosses zu der Masse des Arbeitsstückes abhängig ist. In dieser Reihe von Zuständen wird eine Grenze vorhanden sein, ausserhalb welcher eine durch die Zunahme des specifischen Gewichts nachweisbare Compression der Substanz des Metalls stattfindet, während innerhalb nur eine Verschiebung der kleinsten Theile stattfindet, wenn überhaupt dazu Raum vorhanden ist.

Bei Blöcken, welche wesentlich plattenförmig gestaltet sind und hauptsächlich auf der Ober- und Unterfläche bearbeitet werden, treten die mittelsten Schichten an den Seiten überall heraus, so dass, wie bei dem Walzen noch näher ausgeführt wird, diese Seitenflächen convex erscheinen.

Staucht man dieselben zusammen, so entstehen auch da comprimirte Schichten und Uebergänge von vergrösserter, zu gleichgebliebener Dichtigkeit.

In allen Schmiedestücken bleibt sonach ein Kern von wenig oder nicht hinlänglich verdichtetem Material übrig. Dieser Kern ist um so grösser, je weniger tief die Schlagwirkung des Hammers eingedrungen, je weniger Dehnbarkeit also das Material besessen. Da die Dehnbarkeit mit der Wärme des Arbeitsstückes steigt und fällt, so spielt bei der Schmiedewirkung der Verlauf der Abkühlung stets eine mehr oder minder grosse Rolle und es treten hierzu noch die Schwankungen, welche die Dehnbarkeit des Metalls in bestimmten Temperaturen, unabhängig von deren regelrechter Veränderung, durchmacht.

§ 639. Die vorstehend angedeuteten Erscheinungen haben zu der Wahrnehmung geführt, dass ein auch unter dem schwersten Hammer geschmiedeter prismatischer oder runder Block von Metall ganz erhebliche Ungleichheiten in der Verdichtung der Textur zeige, und dass noch andere bedenklichere Folgen aus der ungleichen, d. h. von aussen nach innen rapid abnehmenden Compression der Textur in den grossen Schmiedestücken sich zeigten.

Denkt man sich den Block in unendlich viele concentrische, anfänglich gleichdicke Schichten parallel der Oberfläche zerlegt, so wird eine nach und nach auf allen Seiten erfolgte Bearbeitung durch Hämmer diese Schichten in verschiedenem, von aussen nach innen abnehmendem Maasse verdichten und gleichzeitig mit abnehmender Verdichtung eine zunehmende peripherische Dehnung hervorbringen, weil die vorhin erwähnte Substanzverschiebung nach der Seite, d. h. in einer zu der Schlagrichtung normalen Ebene nach innen zu um so mehr zunimmt, als die wirkliche Veränderung der Textur durch Verdichtung abnimmt.

An der Stelle, wo diese Abnahme eine sehr kleine geworden ist, wird die peripherische Dehnung so gewachsen sein, dass sie eine Zerrung der auf der Grenze liegenden kleinsten Texturkörper hervorbringen muss, welche im Fall ungenügender Adhäsion ein Ablösen der durch Schmieden verdichteten, einen Ringkörper bildenden äusseren Schichten des Blockes vom unveränderten Kern zur Folge haben könnte. Die Adhäsion ist bei den in Betracht kommenden metallischen Substanzen immer noch gross genug, um dies zu hindern. Jedenfalls werden dabei aber gespannte Zustände im Metall hervorgebracht, welche seine Festigkeit schwächen.

Versuche, welche in russischen Kanonenwerkstätten angestellt worden sein sollen, und welche auch anderweitig wiederholt sein mögen, haben eine so verschiedene absolute Festigkeit der in verschiedenen Entfernungen von der Aussenseite genommenen Probestäbe von grossen Schmiedeblöcken ergeben, dass den Vortheilen einer wuchtigen Bearbeitung durch Hämmer auch Nachtheile gegenüber vorausgesetzt werden müssen, und dass bei Gefügeverdichtungen durch Hämmer gleichzeitige Ungleichheiten des Gefüges niemals ganz zu vermeiden sein werden.

Eine Bestätigung für diese durch die Wirkung der äusseren Abkühlung noch gesteigerten Einflüsse ist in dem Nachglühen sowohl der Rohgussblöcke als auch vieler geschmiedeter Materialblöcke zu erkennen.

In neuester Zeit ist man dem schon für Façonstücke angewandten Pressen wieder näher getreten und hat z. B. zu Terni in Italien u. a. a. O. umfängliche Anlagen gemacht, über welche indessen sehr wenig bekannt geworden ist. Es ist noch zu untersuchen, ob der langsam und stosslos ausgeübte, sehr starke Druck einer hydraulischen Presse eine minder starke Texturverschiebung hervorbringt als der Schlag des Hammers.

Das Pressen von Façonstücken mit der Schmiedepresse gehört nicht hierher, da es gewöhnlich Constructionsstücke betrifft.

F. Das Walzen.

§ 640. Die hauptsächlichste Umgestaltungsarbeit für schmiedbares Eisen findet unter Walzen statt, deren allgemeine Einrichtung bereits beim Luppenzängen und -walzen besprochen worden ist. Das Walzwerk, gewöhnlich aus zwei, häufig drei, seltener vier Walzen bestehend, wirkt streckend auf dazwischen gesteckte, stab- oder kolbenförmige Stücke.

Beide zusammenarbeitende Flächen drehen sich naturgemäss meist in entgegengesetzter Richtung, doch gibt es auch Walzwerke, die sich in gleicher Richtung drehen und mit dieser Anomalie auch noch anderweitige Abweichungen von der Regel verbinden. — Diese Umgestaltung eines Metallstückes beruht auf nachstehenden Einzelvorgängen und Erfahrungen.

1. Eine Metallkugel von hinlänglich plastischem Material, einem Schlag oder Druck zwischen zwei normal zur Druckrichtung liegenden, sonst parallelen und unnachgiebigen Flächen ausgesetzt, plattet sich zu einer Scheibe von kreisförmiger Gestalt und gerundeten Rändern ab, indem aus den

inneren Schichten die Substanz um so mehr nach aussen getrieben wird, je näher die betreffende Schicht dem Mittelpunkt der ursprünglichen Kugel liegt.

Nach Kick's (Dingler's Journal 1877, Bd. 224, S. 465), von H. Fischer wiederholten und in ihren Resultaten bestätigt gefundenen Versuchen bilden sich in solchen gedrückten Körpern Rutschungskegel, bezw. Pyramiden aus, welche auf die Druckflächen sich stützen und ihre Spitzen gegeneinander richten, so den Körper gewissermaassen auseinanderkeilend. Bei spröden Substanzen entsteht dadurch eine nicht völlig gleichförmige Zertrümmerung, bei dehnbaren Substanzen, wie der hier vorausgesetzten Metallkugel, entstehen Verschiebungen der kleinsten Theile, welche allerdings zu einer Trennung, einer Zerreissung nur dann Veranlassung geben, wenn die sogenannte Ziehfestigkeit erreicht, bezw. überschritten wird (Karmarsch-Fischer, Mechanische Technologie I, S. 340).

2. Wird dieselbe Metallkugel zwischen zwei nicht mehr parallelen, sondern convergirenden, unnachgiebigen Flächen einem Schlag oder starken Druck ausgesetzt, so wird das Produkt der Umgestaltung keine kreisrunde Scheibe, sondern eine von elliptischer Form, ungleicher Dicke und ungleichen Rändern. Während der Rand auf der dickeren Seite stark convex erscheint, ist die Convexität auf der dünneren Seite geringer und man kann mit Sicherheit annehmen, dass das, wie im ersten Fall, auch hier zu constatirende Hervortreiben der inneren Metallschichten im Sinne der nunmehr schiefen Druckwirkung an derjenigen Seite grösser sein muss, welche nach der Oeffnung des Convergenzwinkels der beiden Druckflächen zu liegt.

3. Ein Gleiten des Metallstückes tritt hierbei ein, sobald die Convergenz der Druckflächen den doppelten Reibungswinkel übertrifft.

§ 641. Aehnlich wie die convergirenden Druckflächen wirken zwei cylindrische, parallel gelagerte Walzen, die sich in entgegengesetzter Richtung drehen.

Ein kreisrundes Metallstück, z. B. die aus dem vorherigen Experiment No. 1 aus der Abplattung der Kugel hervorgegangene Scheibe, erlangt, wenn sie zwischen die entsprechend gegeneinander gestellten Walzen gebracht und mittelst der Reibung durchgeführt wird, eine elliptische Form, welche sich nach und nach in der Richtung des Durchganges immer mehr verlängert und zuspitzt, während die Ausdehnung in der Breite eine verhältnissmässig geringe ist. Die Streckung überwiegt die Breitung sehr bedeutend, doch kann das Verhältniss je nach den Umständen sich veränderlich gestalten.

Zur Erklärung dieses Unterschiedes ist vielleicht anzunehmen, dass sich unter Walzwerken an Stelle der Kick'schen Kegel oder Pyramiden prismatische Quetschkörper bilden, die in der Mitte mit den Scheiteln zusammenstossen und die Substanz der mittleren Zonen herausdrücken. Dieselbe wird alsdann in der Richtung normal zur Walzenaxe, welche gleichzeitig parallel zur Scheitelkante der Quetschprismen liegt, vorgeschoben werden und in nur minimaler Weise längs der Prismenflächen herausgleiten und als Breitung erscheinen. — Bei dem Walzen können nun folgende Fälle sich deutlich unterscheiden lassen.

1. Walzt man zwei gleichgrosse Metallstücke von ganz gleicher Dehnbarkeit unter zwei Walzenpaaren von verschiedenem Durchmesser, so entstehen verschiedene Streckungsverhältnisse. Das Stück, welches durch die Walzen von grösserem Durchmesser gegangen, ist verhältnissmässig stärker gebreitet als das durch die schwächeren Walzen gestreckte. Die Streckung überwiegt allerdings immer noch die Breitung in grösstem Maasse.

Zur Erklärung dieser Erscheinung kann wieder auf die aus den Kick'schen Versuchen abzuleitenden Quetschprismen gegriffen werden. Dieselben werden stets einen um so kleineren Scheitelwinkel haben, je schwächer die Walzen sind, d. h. je stärker die Krümmung im Flächenelement der Walzen ist. In Folge dessen strecken dickere Walzen das gleiche Stück weniger als dünnere Walzen, wobei ein gewisses Verhältniss von Stückdicke und Walzendurchmesser nicht überschritten werden darf.

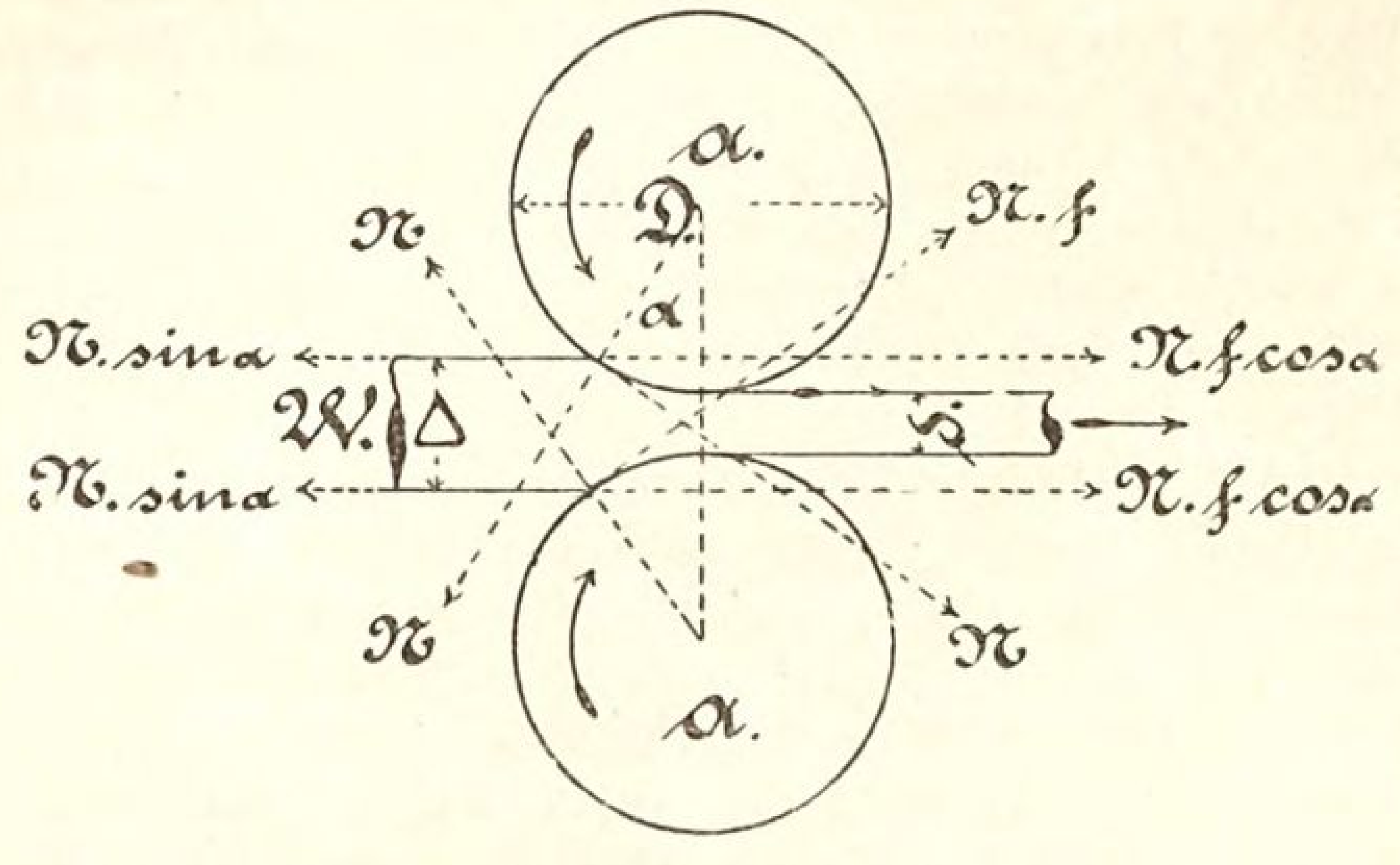
2. Walzt man zwei gleichgrosse Metallstücke von verschiedener Dehnbarkeit unter demselben Walzwerk, so wird bei gleichem Druck die Streckung des weicheren und dehnbareren Metalls unbedingt grösser sein als die des härteren und weniger nachgiebigen Stückes. Die Quetschkörper sind jedenfalls im letzterwähnten Stück wirkungsloser als im weicheren Metall und daher ist die mit der Streckung unvermeidlich verbundene starke Verschiebung von Substanz nicht in gleichem Grade möglich.

Man muss nach dieser Erfahrung dahin streben, für starke Streckungen die Dehnbarkeit des Metalls möglichst zu steigern, für im Gegensatz zur Breitung schwächere Streckungen aber das Verhältniss umzukehren, bezw. nicht soweit damit zu gehen.

Eine weitere Folge ist, dass härtere und weniger dehnbare Metalle nur mit grosser Vorsicht zu strecken sind, und dass man hierzu weit mehr Kraft anzuwenden hat als zur Streckung weicherer Substanzen.

§ 642. Bei diesen Vorgängen spielt die Reibung der Walzen eine so stark hervortretende Rolle, dass zunächst darauf eingegangen werden muss. In umstehender Textfigur ist nach H. Fischer (Mechanische Technologie I, S. 319) eine graphische Analyse des Walzvorganges gegeben.

Das Arbeitsstück (im vorliegenden Fall ein durch Glühen etc. weiches Metallstück) W von der Dicke $\triangle$ wird zwischen zwei Walzen a von dem Durchmesser D durch die Reibung hindurchgezogen und vermindert seine Dicke dabei von $\triangle$ auf δ. Die Streckung erfolgt dabei wesentlich winkelrecht zur Walzenaxe, während, wie vorher angeführt, eine unbedeutende Breitung ebenfalls zu erkennen ist. (Fischer vergleicht die Wirkung der Walzen in der genannten Hinsicht mit der Wirkung der Hammerfinne, die auch Breitung neben Streckung hervorbringt.)



Fischer zerlegt nunmehr an der Eintrittsstelle des Werkstückes die wirksamen Drucke der Walzen, die winkelrecht zur Oberfläche, also radial stehen, in solche, welche winkelrecht zur Bewegungsrichtung, und solche, welche gleichlaufend mit der Bewegungsrichtung des Werkstückes gerichtet sind, aber entgegengesetzt wirken. Im Werkstück selbst erhält man ein ganzes Bündel derartiger Kräfte, die dem Fortbewegen des Werkstückes in die Walzen hinein widerstreben; am grössten ist dieser Widerstand bei dem ersten Berühren der Walzen und des Werkstückes.

Es wirken dann auf dessen Kanten die Kräfte N, die sich spalten, und von denen die senkrecht zur Bewegungsrichtung des Werkstückes gerichteten Zweige sich gegenseitig aufheben müssen, da sie ineinander fallen, während die in die Linie der Bewegungsrichtung fallenden das Werkstück aufzuhalten suchen. Ihre Grösse ist $N.\sin\alpha$, und sie müssen, wenn das Werkstück zwischen die Walzen gelangen soll, durch die Reibung überwunden werden.

Die in Betracht kommende Werthsziffer, mit f bezeichnet, erhält man für die thatsächliche Reibung Nf, welche Kraft an den Berührungspunkten des Werkstückes tangential auftritt und ebenso, wie vorhin N, in zwei Zweige, einen parallel zur Bewegungsrichtung, den anderen normal dazu, zerlegt werden kann. Die auf beiden Seiten des Werkstückes wirksamen, zur Bewegungsrichtung senkrechten Zweige heben sich gegenseitig auf, wie bei der Theilung von N, und es bleiben nur die Zugkraftzweige wirksam, welche das Werkstück in die Walzen hineinbewegen sollen.

In Bezug auf den Winkel α kann man ihre Grösse mit $N.f\cos\alpha$ bezeichnen, so dass sich die parallel zur Axe des Werkstückes, aber in entgegengesetztem Sinn wirksamen Kräfte $N.\sin\alpha$ und $N.f\cos\alpha$ gegenüberstehen.

§ 643. Das Werkstück wird sonach nur dann von den Walzen gepackt und durchgezogen werden, wenn

$$N.f\cos\alpha \geqq N.\sin\alpha \text{ oder}$$

$$f \geqq tg\,\alpha$$

d. h. wenn die Tangente des Winkels α kleiner ist als die Reibungswerthziffer der Walzenflächen und des Werkstückes.

Aus dieser einfachen Relation zwischen dem als „Reibungswinkel" bezeichneten Winkel α und dem Reibungswerth lässt sich auch ein Verhältniss zwischen der Dicke des Werkstückes vor und nach dem Walzen und dem Walzendurchmesser D entwickeln.

Der Abstand beider Walzenmittel in der obigen Textfigur ist offenbar $= D + \delta$ und auch $= 2\frac{D}{2}\cos\alpha + \triangle$, wonach

$$\triangle = D + \delta - D\cos\alpha \text{ und}$$

$$\triangle - \delta = D\,(1 - \cos\alpha).$$

Dieser Ausdruck kann auch zum Folgenden umgebildet werden:

$$\triangle - \delta = \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + tg^2\alpha}}\right) D$$

in welchem, setzt man den Reibungswerth f an die Stelle von $tg\,\alpha$, also

$$\triangle - \delta = \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+f^2}}\right) D$$

das nothwendige Verhältniss von D und der Dickenabnahme des Walzstückes $\triangle - \delta$ klar ausgesprochen ist.

Soll das Walzstück durchgezogen werden, so muss

$$\triangle - \delta \leqq \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+f}}\right) D \text{ sein.}$$

Nimmt man f z. B. $= 0{,}20$ an, so sagt vorstehende Gleichung, dass

$$\triangle - \delta \leqq \frac{D}{30}$$

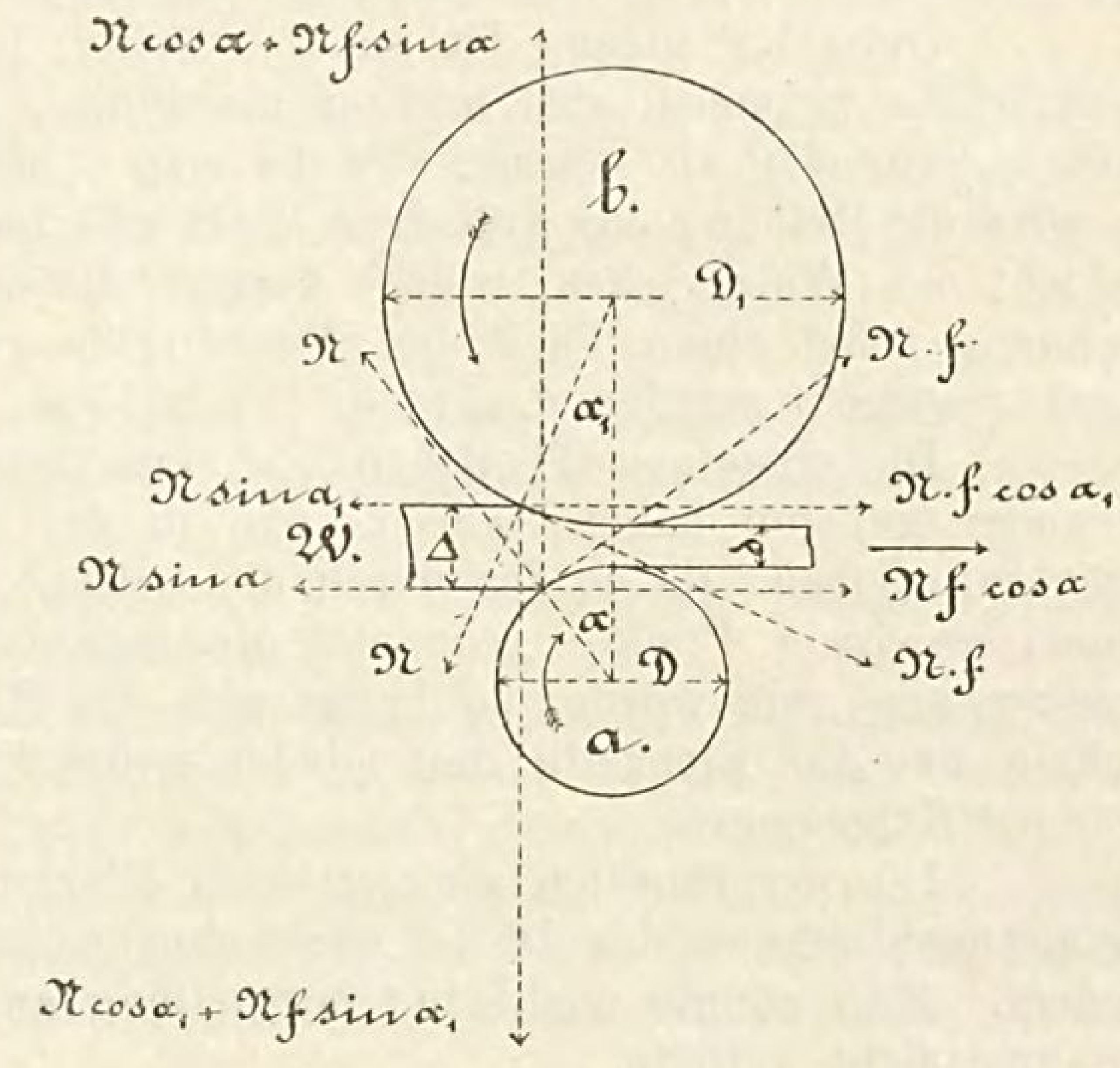
oder dass der Walzendurchmesser mindestens 30 mal grösser sein muss als die bei einem Durchgang zu erzielende Verdünnung des Werkstückes.

Da die Reibungswerthziffer in der Regel bedeutend geringer als 0,2 sein dürfte, so folgt daraus, dass die Verdünnung gewöhnlich geringer sein wird als der dreissigste Theil des Walzendurchmessers.

Fischer gibt (a. a. O., S. 320) an, dass die Verdünnung beim Walzen sich zwischen 0,04 und 0,16 der ursprünglichen Dicke bewege, und es ist auch diese weite Grenze durch die verschiedenen, in Betracht kommenden Umstände und Einwirkungen bedingt und gerechtfertigt.

§ 644. Die vorstehende Entwickelung kann dazu benutzt werden, um auch den Fall zu untersuchen, in welchem das Walzstück zwischen ungleich dicken Walzen behandelt werden soll.

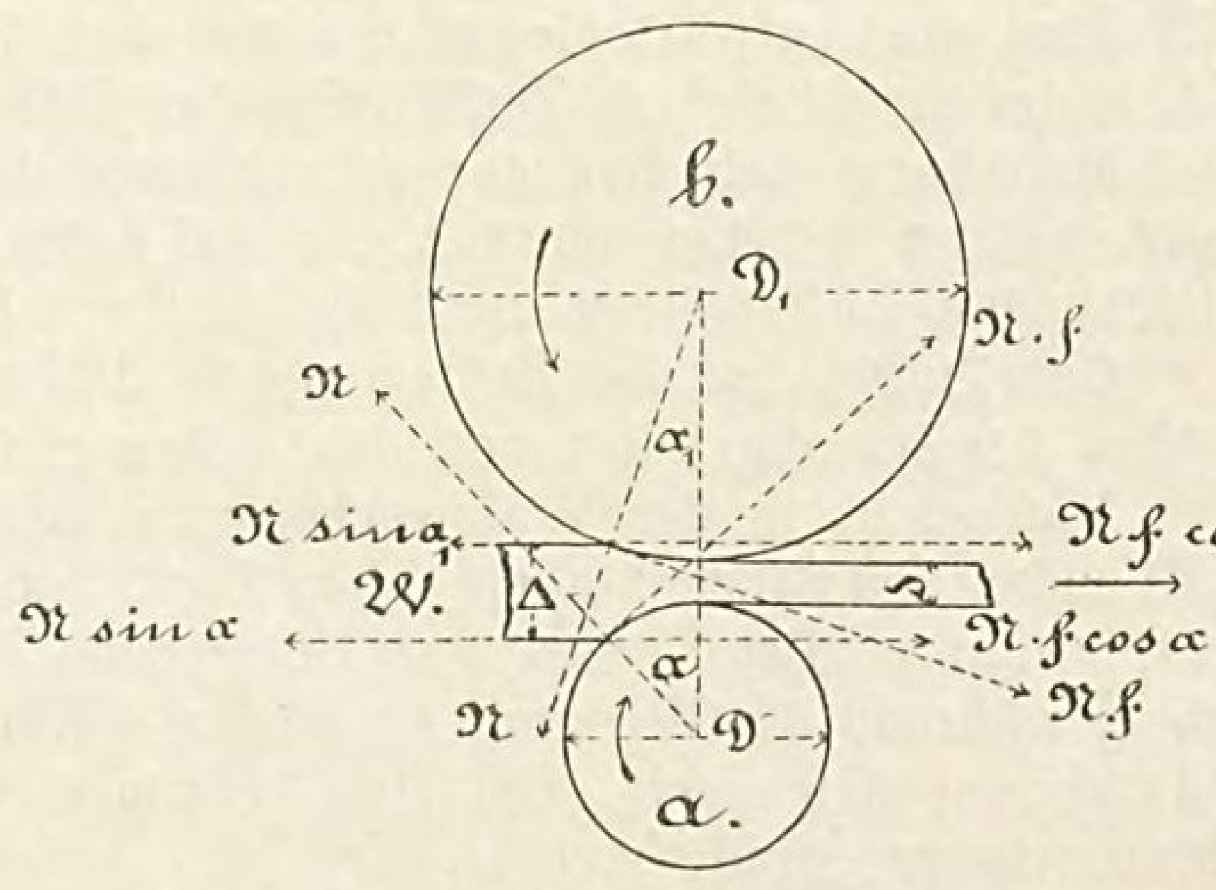
Aus der nebenstehenden Figur *A* ersieht man, dass, da die Berührungspunkte des Walzstückes und der beiden Walzenflächen nicht genau übereinander liegen, der Winkel α für beide Walzen nicht mehr derselbe, sondern für die grosse Walze bedeutend grösser als für die kleine ist. Dadurch wirken die Druckkräfte NN, welche für beide Walzen gleich geblieben sind, ebenfalls unter verschiedenen Winkeln und die Zerlegung derselben in Kräftezweige normal und parallel zur Bewegungsrichtung des Werkstückes gibt für die Seite der grossen Walze kleinere Werthe für $N \sin \alpha$ als für die Seite der kleinen Walze.



A

Ebenso, nur umgekehrt, fallen die zur Bewegungsrichtung normalen Kräftezweige aus. Sie heben sich nicht mehr vollständig auf, sondern es bleibt auf der Seite der grossen Walze ein stärkerer Druck; da sie ausserdem nicht mehr zusammenfallen, wirkt dieser Drucküberschuss zwischen den beiden Berührungsstellen biegend auf das Walzstück ein.

Ganz ähnlich geht es mit den Reibungskräften Nf. Der Zweig $Nf \cos \alpha$ fällt für die Seite der grossen Walze grösser aus als für die Seite der kleinen Walze und die Verticaldrucke, die sich wiederum nicht vollständig aufheben, treten in umgekehrtem Sinn auf. Man findet mithin auf der Seite der grossen Walze eine stärkere Reibungswirkung, während auf der Seite der kleinen Walze die Widerstände gegen den Eintritt $N \sin \alpha$ grösser sind. Die in der Figur zusammengelegten verticalen Druckzweige ergeben für die Zweige der Kraft N einen Ueberschuss auf der Seite der grossen, für die Reibungskraft Nf einen Ueberschuss auf der Seite der kleinen Walze.



B

Aus Figur *B*, welche den Fall anders behandelt, ersieht man, dass auch bei einer anderen Lage des Walzstückes (deren Eintreten viel wahrscheinlicher ist, da sich die Ober- und Unterseite des Walzstückes und die entsprechenden Walzenflächen gleichzeitig berühren) die Kraftverhältnisse, welche auf das Walzstück wirken, ähnliche, nur einfachere sind. Der Widerstand $N \sin \alpha_1$ ist daselbst kleiner, der Reibungszug $Nf \cos \alpha_1$ grösser als auf der oberen Seite, und die verticalen Kraftzweige heben sich wieder einander auf, wie bei der Figur S. 598. — Für gleichglatte Walzen muss also das Walzstück auf der Seite der grossen Walze sowohl stärker gedrückt als auch gezogen werden, so dass eine grössere Streckung auf dieser Seite stattfinden muss. Der Unterschied zwischen der Dehnung auf den beiden Seiten wird um so grösser werden, je grösser der Druck überhaupt ist.

In den wenigen Fällen, in welchen ungleichstarke Walzen zur Anwendung gekommen sind (Lauth'sche Walzwerke), hat man sehr verschiedene Dehnungen auf beiden Seiten der Walzstücke wohl aus dem Grunde nicht beobachtet, weil man nur schwache Bleche in Bündeln darunter fertig gewalzt hat, bei denen die Streckung nur unerheblich war.

Bei dem Walzen von starken Walzstücken scheinen die betreffenden Nachtheile aufgetreten zu sein, denn die Benutzung der ungleichen Walzen ist für schwere Bleche nur kurze Zeit aufrecht erhalten worden, und auch die andere Verwendung hat auf die Dauer Vortheile nicht ergeben.

§ 645. Erheblich anders stellt sich die Wirkung ungleicher Walzen, wenn beide die gleiche Anzahl von Umdrehungen in der Zeiteinheit machen.

Dann wird die Peripheriegeschwindigkeit der Walzenflächen eine ungleiche und die letzteren gleiten reibend aufeinander, indem die Flächentheile der grossen Walze den Flächentheilen der kleineren Walze voraneilen. Die Wirkung dieses Voraneilens auf das Walzstück ist eine durchaus andere als die früher erörterte. Es wird der Kraft Nf, welche das Durchziehen des Walzstückes bewirkt, auf der Seite der grossen Walze ein Reibungswiderstand des Walzstückes entgegentreten, welcher durch eine Verstärkung von N überwunden werden muss. Dadurch wird die im vorigen Paragraph bereits nachgewiesene stärkere Wirkung der grösseren Walze auf das Walzstück in so grossem Maasse gesteigert, dass eine sehr bedeutende Dehnung auf dieser Seite stattfindet.

Es wirkt in der Richtung der Fortbewegung ausser dem Kraftzweig $Nf \cos \alpha$ noch eine Dehnungskraft ein, welche an dem Punkt, wo das Metallstück die Walzen verlässt, dasselbe als nach der Seite der grossen Walze convex gekrümmt austreten lässt.

Diese Krümmung ist um so stärker, je starrer und weniger biegsam das Walzstück ist. Dicke Walzstücke krümmen sich leichter als dünne, die sich rasch wieder zurückbiegen lassen, kältere ebenfalls anhaltender als warme. Denkt man sich das Walzstück aus einzelnen Schichten zusammengesetzt, so wird die Reibung der grösseren Walzenfläche auf dem Walzstück zunächst eine Dehnung der äussersten Schicht des Walzstückes, welche durch Adhäsion mit der nächsten zusammenhängt, veranlassen. Diese Dehnung zehrt einen Theil des Walzenreibungsdruckes auf und die nächste Schicht wird nicht mehr so stark gestreckt werden u. s. w.

Die einzelnen Theilchen der verschiedenen benachbarten Schichten, welche ursprünglich nebeneinander gelegen haben, werden nun in der Richtung der Bewegung des Walzstückes gegenseitig so weit verschoben, als es der durch die Cohäsion bedingte Zusammenhang gestattet. Da dies nur bis zu einem gewissen Punkte geht und die innere Zerreissung des Metallgefüges die Folge weiterer Kraftanstrengung sein würde, so legen sich die Elemente der stärker gedrückten Schicht als concentrische Schale um die Elemente der minder gedrückten Schicht herum und es entsteht hieraus die oben erwähnte Krümmung.

Die ursprünglich gleichgrossen Elemente eines Querabschnittes des Walzstückes werden in von innen nach aussen der Dicke nach abnehmende, verschieden grosse Elemente von flacher Gestalt verändert. Man könnte auch eine Zertheilung annehmen, wenn die Sehnenbildung im Eisen diese Voraussetzung nicht verböte.

§ 646. Von grossem Einfluss bei den meisten Walzprocessen ist die Abkühlung, sobald die Metallstücke zur Erzielung grösserer Geschmeidigkeit erhitzt werden müssen.

1. Bringt man das in den vorhergehenden Fällen benutzte Metallstück in höhere Temperatur, so dass ein erhebliches Wärmegefälle zur Lufttemperatur des Arbeitsraumes entsteht, so beobachtet man beim Walzen ein Aufwärtsbiegen des aus den Walzen heraustretenden Stückes, welches mit der Starrheit, d. h. im umgekehrten Verhältniss der Dehnbarkeit zunimmt.

Man kann sich dies nur so erklären, dass die Abkühlung auf der Ober- und Unterseite ungleich und auf ersterer stärker eintritt als auf letzterer, weil oben die Strahlung durch Leitungsverluste in vorbeiziehenden Luftströmen verstärkt ist, welche auf der Unterseite minder einflussreich auftreten.

Gewöhnlich ist die Krümmung in den ersten Durchgängen stärker als in den späteren, wo das Walzstück bereits abgekühlt und das Wärmegefälle geringer geworden ist.

Man sucht in der Walzwerkspraxis diesem Uebelstand durch zwei Mittel zu begegnen, einmal durch Wenden des Stückes nach jedem Durchgang, dann aber durch Verstärkung der Oberwalze. Durch das ersterwähnte Mittel wird der Unterschied in der Abkühlung beider Seiten vermindert, bezw. ausgeglichen, während die Wirkung des anderen Kunstgriffes, des der oberen Walze zu gebenden sogenannten Oberdruckes, den nach oben sich krümmen wollenden Stab durch eine stärkere Dehnung der oberen Schichten wieder gerade streckt.

2. Mit der zunehmenden Abkühlung muss auch, ganz abgesehen von wachsendem Kraftverbrauch, die Dehnung, also die Stärkeverminderung, eine immer geringere werden, wenn nicht durch die Längsverschiebung der Querschnittselemente eine sehr starke Spannung in das Walzstück kommen soll, wodurch plötzlich die Möglichkeit des Weiterarbeitens abgebrochen werden kann.

Durch Nachglühen von solchen Produkten, welche entweder wegen ihrer Form besonders der Abkühlung ausgesetzt sind, wie z. B. die Bleche, oder von solchen, deren Bearbeitung auch noch bei niedrigen Temperaturen fortgesetzt werden muss, kann man die Spannungen zum grossen Theil wohl beseitigen. Auch die Unterbrechung der Walzarbeiten durch nochmalige Wärmprocesse trägt dazu bei, die einzelnen Elemente des Gefüges in eine ruhige Lage zu bringen und die Spannungen aufzuheben.

3. Alle diese Temperatureinwirkungen werden um so eingreifender, je geringer an sich die Dehnbarkeit des zu walzenden Materials ist. Bei geschweisstem Eisen von lockerem Gefüge, wie das sehnige Luppeneisen der Puddelöfen, oder bei sehr reinem geschmeidigen Herdfrischeisen kann man stets sorgloser vorgehen als bei hartem Herdfrischeisen, körnigem Puddeleisen sowie bei Stahl und Flusseisen.

Die letzteren, besonders die Converterprodukte, boten erhebliche Schwierigkeiten, als man die beim Walzen des Schweisseisens gewonnenen Erfahrungen für das Walzen der ersteren verwerthen wollte. Ebenso verhält sich das Thomasprodukt auch wieder verschieden vom Bessemerprodukt, wie sich auch Tiegel- und Flammofenprodukte unterscheiden.

§ 647. Die vorhergehenden generellen Auseinandersetzungen über die Walzarbeit gingen davon aus, dass glatte Walzen von cylindrischer Gestalt und genau parallel und normal zur Walzrichtung gelagert das Walzstück bearbeiteten.

Dasselbe erhält dadurch einen unregelmässigen Umriss, dass die Breitung nicht gleichmässig geschieht. Nur bei schmalen und dünnen Walzstücken ist die Unregelmässigkeit sehr gering und nicht erkennbar, z. B. bei Bandeisen, welches aus bereits vorgestreckten Stäben mittelst ein- oder mehrmaligem Durchgehen durch glatte und harte Walzen hergestellt wird. Immerhin zeigt auch dieses Fabrikat bei genauerer Besichtigung gerundete Seitenkanten.

Stäbe, wie sie der Eisenhandel seit undenklichen Zeiten gebraucht, und wie sie früher ausschliesslich durch Schmieden unter Hämmern mit glatter Bahn oder auch mit Gesenken (für runde Stäbe) hergestellt wurden, kann man auf Walzwerken nur dadurch erzielen, dass man die Breitung des Walzstückes hemmt und durch die Walzen das Stück allseitig umschliessen lässt.

Man erreicht dies auf dreierlei Weise:

1. indem man in die glatten Walzen Furchen einschneidet und das Walzstück eine gewisse Reihe solcher Furchen von stetig abnehmender Dicke und in gewissen Grenzen zunehmender Breite passiren lässt;
2. indem man das Walzstück zwischen liegenden und stehenden Walzen von verstellbarem Abstand nacheinander durchlaufen lässt (Universalwalzwerke);
3. indem man zwischen glatten Walzen, aber von abgestuftem verschiedenen Durchmesser, das Walzstück in abwechselnder Querschnittslage durchführt, so dass z. B. ein Stück von flach rechtwinkeliger Querschnittsform abwechselnd flach zwischen nahe zusammenliegenden Flächenstufen der Walzen und hoch zwischen weiter auseinanderliegenden Flächenstufen gehen muss. Bei jedem flachen Durchgang wird gestreckt und gebreitet, bei jedem hochkantigen Durchgang wird die rundliche Seitenfläche des Stückes nur geebnet und mit scharfen Kanten versehen (Staffelwalzwerke).

Die regelmässigsten und vollkommensten Stabformen wird immer die Benutzung der gefurchten, d. h. mit Kalibern versehenen Walzen ergeben, wo die durch den Druck hervorgebrachte Breitung des Walzstückes durch die seitlichen Wände der Furchen oder Kaliber aufgehalten und unter Entstehung einer allerdings immer in möglichst enge Grenzen zu verweisenden Seitenreibung der Stab scharfkantig ausgebildet und abgegrenzt wird.

§ 648. Wenn hiernach die Umbildung eines Walzstückes zu einem Stab in einer Reihe aufeinanderfolgender Kaliber zu erfolgen scheint, so beobachtet man doch bei der ganzen Zahl der in der Praxis vorkommenden Fälle noch gewisse Unterschiede in der Gestaltung der Kaliber selbst.

Es gibt Kaliber, deren Querschnitt (beide Walzenflächen natürlich mit einbezogen) noch keinerlei Aehnlichkeit mit der Gestalt des fertigen Stabquerschnittes erkennen lassen, während andere eine allmälige Annäherung an das Fertigprofil zeigen.

Sehr häufig ordnen sich beide Kaliberformen so nebeneinander, dass der Rohblock oder das Materialstück zuerst die eine Reihe, dann die andere passirt. Im Allgemeinen verrichten die nach einer gemeinsamen, von der Form des Fertigstabes unabhängigen, mehr oder wenig einem gerundeten Quadrat oder Rhombus ähnlichen Gestalt gebildeten, zuerst passirten Kaliber die Arbeit des Streckens oder Querschnittverminderns, während die einander ähnlichen und die Form des Fertigstabes allmälig deutlicher hervortreten lassenden weiteren Kaliber wesentlich die Umformung bewirken, ohne eine Streckung ganz zu unterlassen.

Da nun für regelmässige Stabquerschnitte, z. B. für Quadrat-, Rund-, Sechskant- und Achtkanteisen, dann für Flachstäbe innerhalb gewisser Breite- und Stärkeverhältnisse die erstgenannten, wesentlich zur Streckung benutzten Kaliber gemeinsame sein können, sobald sich die Querschnitte der Fertig-

stäbe in gewissen Grenzen halten, hat sich die Unterscheidung zwischen

Vorstreck- oder kurz Vor- und Fertigkalibern

ausgebildet.

Diese Unterscheidung machte sich bei den Walzwerken zur vorzugsweisen Herstellung von Handelseisensorten auch äusserlich dadurch bemerklich, dass die Vorstreck- oder Vorkaliber auf einer, die Fertigkaliber auf der anderen Walze angeordnet waren.

Bei der Herstellung von Stäben mit complicirteren Querschnitten ist der angedeutete Unterschied minder scharf durchführbar geblieben. Man arbeitet schon in den ersten Streckungsdurchgängen auf die Fertigform des Stabes hin oder vielmehr man muss es thun, um in einer Hitze das Ziel zu erreichen und die Umbildung des Rohblockes zu einem fertigen Stab zu vollenden.

Wenn, wie bei dem Walzen von Schweisseisen, auch noch die Schweissung der in den Figuren der Seiten 591—593 angegebenen Packetirungen mit in den Walzprocess eingeschlossen werden muss, ist bei der Bildung der ersten Kaliber oder „Stiche" (wie der Walzendreher sagt) auch die zur Schweissung nothwendige Druckwirkung zu berücksichtigen, in der Art, dass zunächst ein bedeutender Druck normal zu der hauptsächlichen Schweissfugenfläche, dann eine Stauchung in um 90^0 gewendeter Richtung, endlich ein nochmaliger Druck auf die Schweissfugenflächen stattfindet. Dadurch wird die Form der betreffenden Kaliber eine unter sich verschiedene, während man für einfach profilirtes Handelseisen lauter einander ähnliche Kaliber anwenden kann.

§ 649. Vor dem Eingehen in das Detail der Kaliber ist noch das Druckverhältniss für den Fall zu besprechen, wo das Eisen nicht nur von cylindrischen Flächen, deren Axe eben die Walzenaxe ist, erfasst und weitergetrieben wird, sondern von schrägen Flächenelementen, aus denen z. B. alle sogenannten Spitzbogenkaliber und theilweise alle anderen Kaliber mit Ausnahme der Flacheisenkaliber bestehen können.

Setzt man zunächst konische Walzenflächen voraus, so verwandelt sich offenbar der normal zur Walzenfläche vorhandene Druck in zwei Zweige, von denen einer normal zur Walzenaxe, der andere parallel zur Walzenaxe gerichtet ist.

Der erstgenannte Druckzweig repräsentirt den auf Streckung und Zusammendrückung wirkenden Theil des Druckes, während der parallel zur Walzenaxe wirkende Theil eine seitliche Verschiebung des Walzstückes und, wenn dieses gehalten wird, eine innere Verschiebung der Substanz unter Zusammenpressung der zunächst am Widerstand liegenden Schichten bedeutet.

Nennt man den Winkel der Kegelfläche mit der Verticalen, also den Complementärwinkel des Scheitelwinkels φ, so ist der

Seitenschub im Walzstück $= R \cos \varphi$, der
Verticaldruck im Walzstück $= R \sin \varphi$,

wenn R den normal zur Walzenfläche wirksamen Druck nennt.

Für parallele Walzflächen, also für $\varphi = 90^0$, ist der

Seitenschub im Walzstück $= 0$, der
Verticaldruck im Walzstück $= R$.

Für normal zur Walzenaxe gerichtete Flächen, also für $\varphi = 0^0$, ist der

Seitenschub im Walzstück $= R$, der
Verticaldruck im Walzstück $= 0$.

Bezüglich der Abhängigkeit des Verticaldruckes von dem Flächenwinkel kann man sagen, dass für $\varphi = 90$ derselbe mit dem Druck auf die Stückfläche zusammenfällt, während er mit der Abnahme von φ abnimmt und zwar im Verhältniss des $\sin \varphi$. Gleichzeitig tritt eine wachsende Unthätigkeit der Kaliberfläche ein, bis der Seitenschub $= R$ erreicht wird, der aber, praktisch betrachtet, ein Absurdum ist, da man zwischen rotirenden parallelen Flächen keine Walzenstücke einführen kann.

Die vorstehende Betrachtung soll auch nur darauf aufmerksam machen, dass je mehr die Walzenkaliberflächen von dem Parallelismus mit der Axe abweichen, sie desto weniger drücken und strecken, sondern breiten und damit einen gegenseitigen, durch zutretende Reibungen sehr unbequem werdenden Druck ausüben, sobald in einem geschlossenen Kaliberprofil einander zugeneigte Flächen auf beiden Walzen auftreten.

Es kommt dieses Verhältniss ganz besonders bei dem Vorwalzen zur Drahtfabrikation zur Wirkung und bestimmt daselbst das Alterniren stark rhombischer, bezw. linsenartiger mit quadratischen, bezw. runden Kalibern. Die rhombischen und linsenquerschnittähnlichen strecken wesentlich, während die anderen formen und bilden.

§ 650. Bezüglich des Gestaltens der aufeinander folgenden Kaliberformen wird im Allgemeinen an gewissen praktischen Gesichtspunkten festzuhalten sein.

Zunächst ist daran zu erinnern, dass jedes der aufeinanderfolgenden Kaliber von dem Walzstück ausgefüllt werden muss, in der Art, dass keinerlei Lücken sich finden, und dass z. B. ein mit beweglichem Chabloneninstrument*) abgenommenes Warmprofil unter Vernachlässigung der Schwindmaassverhältnisse mit dem Kaliberprofil übereinstimmt.

Es ist hier zugleich zu bemerken, dass das weiche Eisen nie von selbst in die ihm gebotenen leeren Profilecken und Räume eintritt, sondern stets hineingepresst werden muss, wie wenn es Breitungen erfahren soll.

Eine weitere Anforderung an die richtige Kalibrirung liegt darin, dass das Eisen beim Füllen der Kaliber nicht in die sonstigen Zwischenräume der Walzen ausserhalb des Kalibers treten darf, weil dann zur Entstehung von Nähten Veranlassung gegeben wird.

Ein dritter Punkt, der zu erreichen sein wird, ist die möglichst geradgestreckte Beschaffenheit des aus den Walzen tretenden Stabes. Derselbe darf weder gewunden noch gekrümmt aus der Walze kommen, was durch Eintreten ungleicher Verschiebungen nach der Seite leicht eintritt, wie folgende Betrachtung beweist.

Denkt man sich den Querschnitt des Walzstückes oder Stabes in Verticalschnitte getheilt und die Schnittlinien durch die ganze Stück- oder Stablänge hindurchgeführt, so entstehen verticale Blätter oder Lamellen von gleicher Länge und Dicke.

Wird das Stück oder der Stab gleichmässig von oben und von unten gedrückt, also z. B. von zwei cylindrischen und gleichgekrümmten Walzenflächen, so bleiben alle Theilchen der Substanz einer solchen Lamelle während des Durchganges durch die Walzen in der betreffenden Lamelle (eine gleichmässige Breitung der Lamellen einstweilen ausser Augen gelassen).

Sobald aber ein seitlicher Druck entsteht, sobald also konische Flächenelemente in den Kalibern vorhanden sind, entsteht auch die Möglichkeit, dass eine grössere oder geringere Anzahl Massentheilchen der einzelnen Lamelle in die rechts oder links liegende benachbarte Lamelle übertreten.

Die während des Durchganges sonach unter Umständen constant bleibende oder veränderliche Masse einer derartigen Lamelle wird durch die Operation des Walzens ausgestreckt, und es kommt nun sehr darauf an, ob alle Lamellen in Folge des Walzens gleichlang ausfallen oder nicht.

Nur im erstangenommenen Fall, also dem der möglichst vollkommen gleichen Länge, wird der Stab ohne jede Spannung und gerade aus der Walze hervortreten, während im anderen Falle stärkere Verkrümmungen desselben, selbst Windungen und Wellenlinien eintreten können.

§ 651. Untersucht man den Vorgang näher, so sind folgende Zustände im Stab nach dem Verlassen der Walzen denkbar.

Einmal nimmt in Folge der Cohäsion die substanzreichere und in Folge dessen länger gestreckte Lamelle oder Längsschicht die Substanz der zurückbleibenden Nachbarlamelle mit, reisst sie fort, und wenn sich diese Erscheinung bis zum Kaliberumriss fortsetzt, bleibt schliesslich ein Theil des Kalibers unausgefüllt. Dieses Mitreissen ist schliesslich nur möglich, wenn die stärker gestreckten Lamellen in der Masse grösser sind als die zurückgebliebenen.

Ist dieses Verhältniss aber nicht vorhanden und erhalten die Lamellen merklich verschiedene Längen, so tritt natürlich, solange die Adhäsion von Lamelle zu Lamelle noch ausreicht, eine Krümmung ein: die gestreckteren Lamellen werden auf der nach aussen convexen Seite, die zurückgebliebenen aber auf der concaven Seite des Stabes vorherrschen.

Bei stärkeren Längendifferenzen tritt selbst eine Spiralwindung ein, indem die stärker gestreckten Lamellen sich um die anderen herumwickeln.

Ein Beweis für die Richtigkeit des hier Ausgesprochenen ist in einer gelegentlich beobachteten Erscheinung zu erblicken, welche eintritt, wenn ein stärker gestrecktes Lamellenbündel zwischen zwei zurückbleibenden Lamellenbündeln von grösserer Masse bearbeitet wird.

Beim Walzen von eisernen Bahnschienen haben wohl unaufmerksame Arbeiter das Walzstück oder, besser gesagt, den Stab, da die Bearbeitung bereits weiter vorgeschritten war, statt in das Kaliber, in den Zwischenraum, der zwischen den beiden Kalibern war, gesteckt. Dadurch gerieth der Steg der Schiene zwischen die ziemlich nahe aneinander liegenden cylindrischen Flächen der Zwischenringe und wurde sehr erheblich gedrückt und in Folge dessen gestreckt, während Kopf und Fuss in die weiten Räume der Kaliber selbst fielen und nur verbogen, nicht aber gestreckt wurden.

Da die Massen der letzteren auch zu gross waren, um von der voraneilenden, weit geringeren Masse des Steges mitgerissen und ausgedehnt werden zu können, so ging jedes der drei Lamellenbündel seinen eigenen Weg, und bei geringerer Dehnbarkeit und Weichheit hätten Kopf und Fuss abreissen müssen. Anstatt dessen krümmte sich der länger gewordene Steg in schlangen- oder wellenförmiger

*) Man wendet, um sich von der vollkommenen Kaliberfüllung zu überzeugen, in der Praxis häufig eine bewegliche Lehre an, bestehend aus einer grossen Anzahl parallel zwischen zwei Holzplatten mit Griff steckenden, mit einiger Anstrengung verschiebbaren Stahldrähten, z. B. Stricknadeln, welche man an den die Walzen eben verlassen habenden Stab oder an das Walzstück rasch andrückt. Die Stäbe oder Nadeln geben ziemlich genau das Profil des Walzstückes wieder.

Gestalt zwischen den beiden massigeren Stabtheilen hin und her, um die erlittene Verlängerung sozusagen unterzubringen.

Für alle minder weichen Eisensorten, Feinkorneisen, das meiste Flusseisen und Stahl, sind diese verschiedenen Streckungen in den Längslamellen des Stückes auf das Sorgfältigste zu vermeiden.

Man konnte dem Schweisseisen Vieles in der Walzkunst zumuthen, was man schon bei den dichteren und härteren Schweisseisensorten unterlassen musste und was bei den Flusseisenprodukten trotz hervorragender Weichheit von einzelnen derselben sehr gefährlich für das Resultat der Walzarbeit wie für die spätere Verwendung werden kann.

§ 652. Der Grundsatz, alle ungleichen Streckungen der benachbarten Lamellen bei dem Entwerfen und Ausgestalten der Kaliberprofile möglichst zu vermeiden, mindestens nur so weit zuzulassen, dass die Adhäsion sie noch überwinden kann, erfährt seine einfachste Anwendung dann, wenn keine oder nur unwesentliche Erbreiterungen vorzunehmen sind.

Um eine gleiche Verlängerung aller Verticallamellen eines beliebigen, aber ohne Seitendruck wirkenden Profils (dasselbe darf keine schräg zu den Walzenaxen liegende Umrisselemente haben) hervorzubringen, müssen die Höhenverminderungen in allen Lamellen das gleiche Verhältniss zeigen.

Zerlegt man zwei aufeinanderfolgende Kaliber in eine gleiche Zahl gleichdicker Lamellen und findet man, dass die Höhen $H_,\ H_{,,}\ H_{,,,}\ H_{,,,,}\ \ldots$ des ersten und $h_,\ h_{,,}\ h_{,,,}\ h_{,,,,}\ \ldots$ des zweiten Stiches stets proportional sind, so dass $\frac{H_,}{h_,} = \frac{H_{,,}}{h_{,,}} = \frac{H_{,,,}}{h_{,,,}} = \frac{H_{,,,,}}{h_{,,,,}} = \ldots \frac{H_n}{h_n}$ so werden alle Lamellen gleichgestreckt, d. h. mit gleicher Verlängerung aus dem Kaliber mit den Höhen $h_,\ h_{,,}\ h_{,,,}\ h_{,,,,} \ldots$ hervortreten.

Das Verhältniss der Höhen derselben Lamellen vor und nach dem Walzen muss hiernach für alle Lamellen dasselbe sein.

Dies gilt auch noch für solche Kaliberformen, bei welchen gleichmässige Seitendrucke entstehen, welche nach einer oder auch nach zwei entgegengesetzten Richtungen sich wirksam zeigen.

Betrachtet man z. B. zwei Kaliber von trapezoidaler Form, in der Art gebildet, dass dieselben bei gleicher Breite durch Kegelflächen von gleichem Scheitelwinkel und durch Randflächen, welche normal zur Walzenaxe stehen, begrenzt werden, so wird naturgemäss ein Seitendruck nach der Basis der Kegelflächen hin entstehen, welcher eine Breitung hervorzubringen strebt.

Da dieselbe aber in der normal zur Walzenaxe stehenden Randfläche des Kalibers ein Hinderniss findet und da der Druck auf alle Lamellen des trapezförmigen Stückes ein gleicher ist, so kann ausser einer geringfügigen Verdichtung der Textur, deren Folgen für die Querschnittsgrösse irrelevante sind, nur eine starke Reibung auf der grösseren Randfläche die weitere Folge sein, und alle Lamellen werden gleichgestreckt, d. h. um ein Gleiches verlängert erscheinen, sobald, wie angedeutet, die Höhenabnahme des Kalibers in allen Lamellen dieselbe ist.

Wendet man diesen Satz auf complicirtere Profile an, z. B. Bahnschienen, Reifen, Träger etc., wo im Ganzen Erbreiterungen eintreten sollen, so ergibt sich bald, dass man nicht jede einzelne Lamelle so behandeln darf, sondern dass man Gruppen von Lamellen, die sich im Fertigprofil als zu einem grösseren Querschnittsstück gehörig erweisen, zusammenfasst.

Eine Bahnschiene zerfällt z. B. bei der Profilbetrachtung in drei wesentlich verschieden gestaltete Theile: einem dem Kreisprofil sich nähernden Kopf, dem flacheisenartigen Steg und dem analog gestalteten, nur in normaler Richtung zum Steg entwickelten Fuss.

Wenn (wie in den letzten Stadien des Walzens) kein Material aus der Stegzone nach Kopf oder Fuss treten, sondern die Erbreiterung eine gleichmässig vertheilte sein soll, so kann man nicht mehr mit den Grössen $H_, \ldots H_n$ und $h_, \ldots h_n$ rechnen, sondern nur mit ihrer Summe innerhalb der Querschnittsstücke, d. h. mit den letzteren selbst rechnen, und es müssen dieselben folgende Gleichung geben: $Q : Q_, : Q_{,,} \ldots : Q_n = q : q_, : q_{,,} \ldots : q_n$, wenn $Q \ldots Q_n$ die Querschnittsstücke des Stabes vor, $q \ldots q_n$ dieselben nach dem Walzen darstellen.

§ 653. Dieses Breiten in den Kalibern ist nach Früherem übrigens nicht allein das Resultat des Seitendruckes, sondern es wird innerhalb bestimmter Grenzen durch den normal zur Walzenaxe gerichteten Druck bereits hervorgebracht. Jede aus dem durchschnittlichen Verhältniss des Kaliberdruckes, also jede auf eine Lamellengruppe ausgeübte, aus dem Verhältniss $\frac{H_n}{h_n}$ heraustretende Verminderung der Höhe H wird eine Breitung hervorbringen können, soweit das Kaliber Raum dazu bietet, und es wird eine solche Breitung eintreten, selbst wenn Seitendrucke entgegenstehen, welche durch konische Flächenelemente des Kalibers hervorgebracht sind.

Man quetscht gewissermaassen die Substanz des Stabes in die Lücken hinein, muss aber darauf achten, dass immer das gleiche Verhältniss für die verschiedenen Werthe von Q und q bleibt, und dass

z. B. in einer stark gedrückten Zone des Profils ein genügendes Maass an Breite zugegeben ist, um $q = h \times b$ gross genug zu erhalten.

Die Anwendung dieses Erfahrungssatzes wird übrigens weiter modificirt durch das Verhältniss der Masse in den zwei benachbarten, verschieden gedrückten Lamellengruppen.

Denkt man sich ein Walzstück von einem annähernd ⊢-förmigen Querschnitt, aus zwei ähnlichen Rechtecken gebildet, und setzt man voraus, dass beide verschieden gross sind, so sind zwei Fälle möglich.

Entweder wird das kleinere Rechteck beim Passiren der Walze stärker gedrückt als das grosse und es entsteht Breitung, mit dem Bestreben, in den Querschnitt des grossen Rechteckes hinüberzutreten. Soll kein Zerreissen etc. eintreten, so muss für die Breitung im Sinne der obigen Folgerung Platz gemacht werden, so dass das Verhältniss $\frac{Q}{q}$ gewährt bleibt, wenn auch $\frac{H}{h}$ und $\frac{H_{\prime}}{h_{\prime}}$ verschieden sind.

Diese Breitung kann aber für einzelne Fälle auf beide Querschnittselemente in jeder beliebigen Weise vertheilt werden, z. B. bei dem Walzen des Schienenfusses in den sogenannten Stauchkalibern, wo der übrige Theil des Kalibers nicht allein Platz für die Stauchung von Kopf und Fuss, sondern auch für den Uebertritt von Substanz aus dem Fuss nach dem Steg bietet.

Dieser Uebertritt muss nun immer nach dem massigeren Theil des Profils hin erfolgen und ist umgekehrt nicht möglich.

Setzt man nämlich voraus, dass das grössere Rechteck einen stärkeren Verticaldruck, also eine stärkere Verminderung von H nach h erfährt, so würde bei vorhandener Möglichkeit der Breitung die stärkere Streckung einen grossen Theil der Substanz des kleineren Rechteckes an sich ziehen und dasselbe unausgefüllt lassen, wobei ein Zerreissen nicht ausgeschlossen ist.

Das im Vorstehenden entwickelte Gesetz gleichmässiger Streckung der Nachbarlamellen eines Walzstückes dürfte in seinen beiden Fassungen (für die Fälle, dass Breitung eintritt oder nicht) dem Construkteur einigen Anhalt für das Verzeichnen der Kaliber bieten, und es kann dasselbe namentlich bei den zwei bis drei letzten Kalibern, wo die Geschmeidigkeit des Eisens in Folge der Abkühlung bereits gesunken ist, nicht wohl unbeachtet bleiben.

Wenn die vorhergehenden Kaliber oder Stiche in der gedachten Hinsicht nicht immer correkt gezeichnet erscheinen, so liegt der Grund einestheils in einer gewissen Umständlichkeit der Anwendung und anderentheils darin, dass auf Grund langer Erfahrungen praktisch weniger Werth darauf gelegt werden kann, ob alle Kaliber auch durchaus gefüllt werden.*)

Das Kalibriren der Eisenwalzen. Allgemeines.**)

§ 654. Das Kalibriren der Eisenwalzen, d. h. die Construktion der in die Walzen einzudrehenden Furchungen, ist eine ziemlich schwierige Aufgabe, deren Lösung ausser den an sich einfachen Anforderungen der vorstehenden Paragraphen noch verschiedenen anderen zu genügen hat, die aus praktischen Wahrnehmungen und Erfahrungen hervorgegangen sind. Aus diesem Grunde und weil die gemachten Erfahrungen vielfach, vielleicht immer (wenn auch nicht eingestanden) mit grösseren Opfern verbunden gewesen sind, ist über die Construktionsweise, d. h. über die bei dem Entwerfen der Kaliber benutzten Regeln im Ganzen wenig bekannt. Die Literatur beschränkt sich wesentlich auf die folgenden Werke.

P. von Tunner (Ueber die Walzenkalibrirung. Felix 1867) gibt neben wenigen allgemeinen Betrachtungen, ohne jede strengere Formulirung, eine Reihe von Beispielen für die verschiedensten Zwecke.

R. Daelen, A. Hollenberg und Diekmann (Verfasser dreier gekrönter Preisschriften, welche unter dem Gesammttitel: Die Kalibrirung der Eisenwalzen, 1874 bei Nicolai [Stricker] in Berlin veröffentlicht worden sind) behandeln das Thema in verschiedener Weise, aber immer auf Grund reichster eigener Erfahrung.

Diese drei Schriften gewähren den besten Anhalt zu eigener Arbeit, wenn sie auch die Gründe für die vorgeschlagenen Maassregeln und Construktionsrecepte nicht immer deutlich erkennen lassen.

Etwas später erschien in französischer Sprache ein Sammelwerk von E. Choteau: Laminage du fer et de l'acier, traité raisonné des canellures de cylindres de laminoir, welches hauptsächlich den Entwurf von Façoneisen unregelmässiger und complicirterer Gestalt behandelte, einen ganz kurzen Vorbericht gab und die Kalibrirungen in Lebensgrösse darstellte.

*) Die in den vorigen Paragraphen angeführten und entwickelten Regeln sind zum Theil schriftlichen Aufzeichnungen des verstorbenen Direktors A. Kocher in Haspe entnommen, wie auch die nachstehend und später zu bringenden Kalibrirungsbeispiele. Bei der Bearbeitung und dem Aufsuchen der geometrischen Construktion hat mich mein früherer Schüler Herr Ingenieur Loose in Deutsch-Oth in der wirksamsten Weise unterstützt, was hier mit bestem Dank bemerkt wird. — Obengenannte Aufzeichnungen und Beispiele verdanke ich der Güte des Herrn Ingenieur Kocher jun. zu Deuben, dem ich auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank abstatte.

**) Es ist vorgezogen worden, das Kalibriren in diesem Abschnitt zu behandeln, während die Walzwerke und ihr Betrieb im vierten Abschnitt Würdigung finden sollen.

Von den übrigen Werken unterscheidet sich diese Publikation dadurch, dass sie statische Ermittelungen aus der Elasticitätslehre, neutrale Faser, Trägheitsmomente etc. angibt und für die Lage der Kaliber in der Walzenlinie benutzt.

In ähnlicher Weise verfährt eine Abhandlung, welche der bereits mehrgenannte Ed. Urbin in dem Bulletin der Lütticher Ingenieure 1871 hat erscheinen lassen (Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1871, S. 352 und 387; B. Turley).

Derselbe entwickelt eine Reihe allgemeiner Gesetze über die beim Eintritt des Walzstückes in das Kaliber entstehende Kräftezerlegung, dann den Einfluss der Walzendurchmesser (Oberdruck), des Kaliberprofils, endlich das Bewegungsgesetz und gelangt zu weiteren allgemeinen Folgerungen, die Kalibrirung selbst betreffend, wobei namentlich das Façoneisen berücksichtigt wird. Die Weisungen sind indessen ganz allgemein gehalten und bedürfen eigentlich einer strengeren Formulirung, um praktisch brauchbar zu werden.

Von Interesse ist ein zur direkten Messung der Einzeldrucke an den verschiedenen Punkten eines Kalibers benutztes Instrument, dessen Anwendung auf dem von Urbin entwickelten Satz beruht, dass nämlich die Drucke der verschiedenen Punkte eines Kalibers sich wie die Sinus versus eines und desselben Winkels verhalten; die Entfernungen der einzelnen Punkte zu einer der Rotationsaxe parallelen Geraden sind dabei als Radien zu berücksichtigen.

Es wird bei der Besprechung der Façoneisenkalibrirung nochmals auf Einzelnes der Urbin'schen Arbeit zurückzukommen sein.

In einer Mittheilung von Langhans über die Walzarbeit (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1876, S. 444) wird besonders die Kalibrirung der Ovalkaliber besprochen.

Weitere Arbeiten werden an gehörigem Ort und richtiger Stelle angeführt werden.

§ 655. Ehe zur Kalibrirung übergegangen wird, ist in Vervollständigung des Früheren noch Folgendes über die allgemeinen Regeln für die Kaliberconstruktion zu bemerken.

Bezüglich der Abnahme und der Abnahmeverhältnisse ist auf die Beschaffenheit des zu walzenden Materials in erster Linie Rücksicht zu nehmen; die Anforderungen der verschiedenen Qualitäten von Eisen und Stahl sind aus den folgenden Erfahrungssätzen deutlich zu erkennen (Daelen).

Eisen, welches, wie der sogenannte Kaltbruch, im warmen Zustand durch besondere Dehnbarkeit sich auszeichnet, kann den grössten Druck, d. h. die stärkste Abnahme in den Kalibern vertragen.

Dichtere Eisensorten, z. B. das vollkommen sehnige, das Feinkorneisen und auch der weichere Stahl (nicht Gussstahl) verlangen, um mit Vortheil verarbeitet zu werden, ein mittleres Abnahmeverhältniss.

Rothbrüchige oder analoge Eisensorten sind bezüglich des Druckes sehr empfindlich und vertragen nur eine geringe Abnahme.

Gelingt es, die Periode des Rothbruches beim Walzen dadurch zu umgehen und unschädlich zu machen, dass man durch anfänglich sehr hohen Druck die Zahl der Kaliber hinlänglich vermindert, um bis zum Eintreten der Rothglühhitze mit dem Walzen des Stückes fertig zu sein, so kann man sich dadurch aus der Verlegenheit ziehen.

Es ist durch Untersuchungen französischer und russischer Metallurgen bekannt, dass auch bei reinen Produkten Rothbruchererscheinungen auftreten, sobald das bearbeitete Stück in gewisse Temperaturzwischenräume eintritt. Darüber wie darunter verschwindet die Rothbrüchigkeit. Kann man diese Temperaturzwischenräume vermeiden, so wird die Bearbeitung nicht gestört.

Harter Stahl verträgt nur eine sehr geringe Abnahme.

Dem früher vorgetragenen Grundsatz gleichmässigster oder möglichst gleichmässiger Streckung aller Lamellen oder Fasern des Stückes entsprechend, muss die Abnahme möglichst gleichmässig auf alle Theile des Querschnittes vertheilt sein, und, wie ebenfalls hervorgehoben, gilt dies besonders für die letzten Kaliber einer Reihe, d. h. für die vor dem Fertigkaliber liegenden.

Die Grösse der Abnahmeverhältnisse wird naturgemäss auch von der Stärke und dem Bau des Walzwerkes beeinflusst. Schwache Walzen und schwache Maschinen leisten weit weniger als kräftige Walzen und starke Maschinen.

Offenbar bleibt sich die Grösse der Abnahme in einer zusammengehörenden Kaliberreihe nicht gleich, sondern richtet sich nach der Geschmeidigkeit, welche mit der Temperatur zu-, mit der voranschreitenden Abkühlung aber abnimmt.

Daher beobachtet man besonders bei der Schweisseisenwalzerei in den ersten Kalibern vielfach eine stärkere Abnahme angewendet als später und ebenso bei massigeren, langsamer abkühlenden Profilen, im Gegensatz zu façonirten Profilen von complicirterer Gestalt.

Man findet sie aus ganz gleichen Gründen bei Vorwalzen stärker als bei Fertigwalzen, bei gewöhnlichen Profilen deutlicher hervortretend als bei Façoneisenwalzen.

Man gibt gewöhnlich für Vorwalzen zwischen 1/8 und 1/15, je nachdem es sich um Eisen oder um die Uebergänge bis zum Stahl handelt. Die Luppenwalzen arbeiten mit stärkeren, zwischen 1/5 und 1/7 liegenden Abnahmen, die Vorwalzen mit geschlossenem Kaliber bewegen sich sogar zwischen 1/3 und 1/4 (Daelen).

Die meisten Anwendungen schliessen aber die extremsten der hier überhaupt angegebenen Verhältnisse aus und bewegen sich zwischen 1/4 und 1/15. Für Fertigwalzen sind die Verhältnisse schwer bestimmbar, umsomehr, als für manche Stabeisenwalzen wechselnde Einstellungen der Fertigkaliber vorkommen, um darin Produkte von gleicher Breite, aber veränderlicher Stärke walzen zu können. Man würde hierbei doch nur in begrenztem Maasse einem etwa vorgesehenen Abnahmeverhältniss treu bleiben können.

Im Folgenden werden die Hauptfälle der Kalibrirungen zu besprechen sein.

Graphische Ausführung der Kalibrirungen.

§ 656. Zur graphischen Ausführung der Kalibrirungen sind verschiedene Hilfsmittel von Vortheil und angenehm.

Wegen der häufig auftretenden Proportionalität verschiedener Abmessungen in einer Reihe aufeinanderfolgender Kaliber sind Proportionalzirkel und Proportionalmaassstäbe empfohlen worden.

Daelen wandte erstere an und empfahl, gleich drei Stück zur Hand zu haben, wenn es sich um das Zeichnen complicirter Kaliber handelte. Auf den Zirkeln musste eine Eintheilung von 1/2, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6 etc. bis 29/30 vorhanden sein.

Zum Vergleich, zur Prüfung, ferner zur späteren Anfertigung der Drehmeisselchablonen schnitt Daelen die erzielten Construktionen in Papier aus und bediente sich zur weiteren Berichtigung einer scharfen, halbrunden Schlichtfeile.

Durch Auswiegen der Chablonen auf einer genauen Waage mit aus demselben Papier hergestellten Quadratcentimetern und Vielfachen sowie Theilstücken von denselben erhält man den Flächeninhalt hinreichend genau, um die Abnahmen von einem Kaliber zum anderen vergleichen zu können.

Ein Vortheil dieser Flächenermittelung ist die sehr erleichterte Gewichtsbestimmung nicht allein des fertigen Stabes pro Längeneinheit, sondern auch des Stabes nach jedem Kaliberdurchgang, was besonders dann angenehm ist, wenn die ersten Kaliber gleichzeitig verschweissen und man sich nach den Abmessungen des Ofens, betreffs der Packet- oder Blocklänge, zu richten hat.

Bei der Verzeichnung einer Walze pflegt man natürlich nur die Hälfte von jeder Walze zu entwerfen, d. h. die sich berührenden Seiten derselben bis zu den Axen, wobei allerdings zur Controlle der Dreharbeit die Durchmesser der einzelnen Zonen eingeschrieben zu werden pflegen.

Die erste Aufzeichnung erfolgt auf einer Linie, welche man die Walzlinie nennt, und welche um eine Kleinigkeit von der Axe der oberen Walze weiter entfernt liegen muss, als von der Axe der unteren Walze.

Diese Lage hat ihren Grund in folgenden Wahrnehmungen der Praxis (Hollenberg):

Jeder aus den Walzen tretende Stab hat die Neigung, sich in Folge der seitlichen Reibung an einer der Walzen anzuheften und von derselben sich mitreissen zu lassen. Um dies zu hindern und besonders dem gefährlichen Umwickeln entgegenzuwirken, müssten beiderseits Abstreifvorrichtungen oder Führungen angebracht werden, die namentlich an der Oberwalze die Einrichtung compliciren. Um wenigstens das Anhaften an der Oberwalze zu verhindern, ohne Führungen anordnen zu müssen, gibt man der Oberwalze in allen Flächenelementen der Kaliber etwas grössere Durchmesser, wodurch eben die Walzlinie (Mittellinie aller Kaliber) etwas weiter gegen die Unterwalze hin verschoben wird. Dieser Unterschied im Durchmesser beider Walzen, der sogenannte Oberdruck, bedingt, wie früher schon entwickelt wurde (§ 645), in Folge der aus gleicher Winkelgeschwindigkeit hervorgehenden grösseren Peripheriegeschwindigkeit der dickeren Walze eine etwas stärkere Streckung der Oberseite des durchgehenden Stückes, welche Streckung dem Anhaften entgegenwirkt.

Dieser Oberdruck ist bei gewöhnlichen Stabformen von regelmässigerer Gestalt durchschnittlich ein gleicher, etwa 5—10 mm grosser; bei complicirteren Formen lässt sich die Grösse des Oberdruckes aber nur aus praktischen Versuchen bestimmen, wofür namentlich Hollenberg in seiner Abhandlung eine ganze Reihe genügender Beispiele gegeben hat.

§ 657. Gelegentlich der Frage nach dem Einfluss verschiedener Durchmesser, kann hier noch ein anderer Punkt berührt werden, der, streng genommen, mit der Kalibrirung an sich weniger zu thun hat als mit dem Anordnen der Kaliber auf der Walze. Indessen ist bei dem Zeichnen der Kaliber bereits darauf Rücksicht zu nehmen, wie diese Anordnung am praktischsten ausgeführt wird, und es sind diese Rücksichten keinen Augenblick aus den Augen zu setzen, wenn man die Haltbarkeit der Walzen, auch für stärkere Beanspruchung durch grosse Stablängen etc., durchaus gesichert sehen will.

Die Kaliberreihen, in denen verschieden grosse Unterschiede in den Durchmessern der Flächenelemente auftreten, sind so zu ordnen, dass die Durchmesser im Ganzen nach der Mitte der Walze zu wachsen.

Für die Bestimmung dieser Durchmesserverhältnisse in Kaliberwalzen finden sich ziffernmässige Angaben in einer längeren Arbeit von Emil Herrmann, welche die Dimensionen aller Walzwerksbestandtheile bespricht und im Jahrbuch der k. k. österreichischen Montanlehranstalt, Bd. XVII, S. 318, erschienen ist. (Vgl. auch Kerpely's Jahresbericht 1867.)

Es ist hiernach besonders darauf zu achten, dass in jedem Kaliber der Stab den gleichen Druck erfahre, weil man nur dann mit der geringsten Anzahl von Kalibern auskommt und den doppelten Zweck erreicht,

1. die Kraft der Maschine,
2. die Hitze des Packetes

vollkommen auszunutzen.

Hiernach würde die Grundform der Kaliberwalzen so bestimmt, dass sie Körper von gleicher Festigkeit bei wechselnder Belastungsstelle sind.

Ist z. B. L die von Lagermitte zu Lagermitte gemessene Länge der Walze, x der Abstand eines Kalibers vom mittelsten, D der kleinste Walzendurchmesser am mittleren Kaliber und Dx der Walzendurchmesser des von D um x abstehenden Kalibers, so hat man, wenn für x aliquote Theile von L gesetzt werden:

$\frac{x}{L}$ = 0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,37
$\frac{Dx}{D}$ = 1,000	0,997	0,987	0,969	0,944	0,909	0,862	0,768

Mit Hilfe dieser Coëfficienten kann man die Grundform einer jeden Kaliberwalze leicht vorzeichnen, sobald der Durchmesser des mittleren (die Walzenlänge halbirenden) Querschnittes und die Länge der Walze bekannt sind.

Beim Zeichnen der Kernform einer Mitteleisenwalze von 1,00 m Länge und 0,38 m mittlerem Durchmesser wird z. B. so zu verfahren sein, dass zunächst die Entfernungen x festgesetzt werden, die wieder von der mittleren Kaliberbreite unter Berücksichtigung der Zwischenringe abhängen.

Nimmt man dieselben gleich 5, 10, 15, 20, 25, 30, 37 cm, so erhält man die abnehmenden Durchmesser 0,379, 0,375, 0,368, 0,359, 0,345, 0,328, 0,292.

In der Arbeit ist nicht weiter ausgeführt, wie nun bezüglich der Vereinigung der obigen Regel mit der durch praktische Walzenrücksichten gebotenen Arbeitsfolge der Kaliber verfahren werden soll und muss. — Bei strenger Beachtung der entwickelten Verhältnisse müssten immer und in allen Fällen die Kaliber vom Zapfen nach der Mitte hin allmälig abnehmen, eine Einrichtung, welcher man wohl nachstreben kann, ohne sie jedoch streng durchzuführen. Besser ist es immer, die Walzen überhaupt so stark zu machen, dass auch die tiefsten Kaliber in der Mitte untergebracht werden können, ohne die Haltbarkeit der Walze zu gefährden. Bei der Ausführung von Triowalzwerken hat die Sache ihre grössten Schwierigkeiten, weil durch eine anders als nach der Arbeitsfolge geschehende Ordnung der Kaliber die Arbeit erheblich erschwert, d. h. verlängert werden kann.

Die Vorstreckkaliber für gewöhnliche Stäbe.

§ 658. Zum Vorstrecken der Walzstücke für gewöhnliche Stäbe (Luppen, Flacheisen, Quadrat- und Rundeisen, regelmässige Polygone), auch zur Ueberführung von Materialstücken in eine dünnere Materialform, die dann wieder zur Herstellung anderer Waaren benutzt wird (Feineisen- und Drahtbillets) bedient man sich seit Einführung des Eisenwalzens verschiedener Kaliberconstruktionen, unter denen die diagonal stehenden, von Kreisbögen begrenzten, sogenannten Spitzbogenkaliber aus verschiedenen Gründen die ausgedehnteste Anwendung gefunden haben und noch finden.

Betrachtet man die über und unter der Walzlinie liegenden Kaliberhälften einer solchen Walze, so gleichen sie einer Reihe von aufrechtstehenden, bezw. umgekehrten, etwas verdrückten Spitzbögen, deren Höhe geringer ist als die halbe Basis, so dass die verticale Diagonale eines solchen ganzen Kalibers kleiner ausfällt als die horizontale.

Die erste Veranlassung für die Wahl einer solchen Construktion ist jedenfalls der Wunsch gewesen, ein hinlänglich streckfähiges Kaliber zu besitzen, um die aus dem Puddelofen kommenden und unter dem Hammer zu rohen vierkantigen Blöcken vorgeschmiedeten oder gezängten Luppen in kürzester Frist und unter gleichmässiger Verjüngung des Querschnittes so weit zu strecken, dass nur noch ein paar Durchgänge durch Flachkaliber erforderlich wären, um die gewünschten Luppenstäbe zu erhalten.

Dass man an dieser Praxis nicht immer festgehalten hat, ändert nichts an der Wahrscheinlichkeit der ursprünglichen Veranlassung. Man muss hierbei auch bedenken, dass die Qualität der Puddelprodukte sich stetig verändert hat, und dass ein allen Ansprüchen genügen sollendes Luppenwalzwerk der Veränderung der mittleren Beschaffenheit des Walzstückes in seinem Bau und Betrieb nach und nach einigermaassen Rechnung tragen musste.

Man hat auch nach und nach erfahren, dass ein Verwalzen der Rohluppen in möglichst warmem Zustand ein besseres Schweissen bewirkt, und es gehört schon aus diesem Grunde zu den Haupterfordernissen einer guten Luppenwalze, den Stab rasch zu strecken.

Dies geschieht unter den sogenannten Spitzbogenkalibern am besten, weil sie einen allseitigen Druck auf die Walzstäbe ausüben, der indessen nicht in allen Theilen des Kaliberumrisses gleich ist.

Die geometrische Form des spitzbogigen Streckkalibers wird durch vier Kreisbogen gebildet, welche durch die Endpunkte zweier rechtwinkelig sich schneidenden Axen so gelegt sind, dass die convexen Seiten nach aussen liegen.

Zerlegt man im Sinne der im § 649 gegebenen Andeutungen in einem solchen Kaliberumriss den radial angenommenen Druck der Walze in einen verticalen und in einen horizontalen Zweig, so wirken an den Scheiteln eines Spitzbogenkalibers mehr die verticalen, an den Seiten desselben mehr die horizontalen Kraftzweige. Geht man von einem Verticaldruck aus und zerlegt denselben in einen radialen und in einen tangentialen Zweig, so gelangt man ebenfalls nach der Kaliberbasis hin zu immer stärkeren Seitendrucken, die sich aber aufheben. Alle diese Wirkungen bringen verschieden starke Zusammendrückungen und in Folge dessen ausser einer unwesentlichen äusseren Verdichtung eine starke Streckung der Stabkerne hervor und hindern gleichzeitig in gewissen Grenzen die Bildung von Graten oder Nähten auf den beim Durchgang in der Walzlinie liegenden Kanten des Walzstückes.

Man kann diese Verhältnisse so formuliren, dass man sagt: *In einem derartigen, aus vier Kreisbögen gebildeten Kaliber nehmen die Verticaldrucke von den Seiten nach dem Scheitel allmälig zu, während die Seitendrucke in umgekehrtem Sinn sich verändern.*

Dieses Verhältniss prägt sich bei geschwungeneren Kaliberformen stärker aus als bei flacheren, bei starkem Druck, d. h. grösserer Differenz zwischen Höhe und Breite, mehr als bei dem Quadrat sich nähernden Formen.

Für gewisse Schweissarbeiten hat man eben wegen dieser Druckverhältnisse in den Spitzbogenkalibern dieselben durch rechtsinnig zur Walzlinie liegende Rektangulärkaliber von gerundeten oder auch geschrägten Formen ersetzt, worin gleich Anfangs ein kräftiger und normal zur Schweissfläche gerichteter Druck ausgeübt zu werden vermag.

Verzeichnung der Spitzbogenkaliber.

§ 659. Aus den vorstehenden Sätzen lassen sich für die *Verzeichnung der Spitzbogenkaliber* folgende allgemeine Principien aufstellen.

Die Wirkung der Spitzbogenkaliber ist innerhalb der Grenzen der Construktion sehr wesentlich davon abhängig, dass die Summe der Radialdrucke, d. h. der auf Zusammendrücken wirksamen Zweige des Verticaldruckes der Walzen möglichst gross ist.

Ein nach den Rändern des Kalibers in steigendem Maasse abfallender elliptischer Umriss ohne merkbaren Scheitel würde unzweifelhaft eine Idealform abgeben, ohne sich dem Maximum der Leistung, d. h. der Umwandlung des Kalibers in ein Flachkaliber zu sehr zu nähern.

Die Quetschung im letzteren findet auch wesentlich nach einer Richtung statt, während die Drucke in den Spitzbogenkalibern nach im Innern des Stückes mehr oder minder convergenten Richtungen wirken. Diese vollkommenere Quetschung wird dadurch noch unterstützt, dass man nach jedem Durchgang die Lage wechselt, d. h. den Stab um 90^0 wendet, ehe man ihn wieder zwischen die Walzen bringt. Dadurch wechseln die Richtungen des Maximaldruckes in dem Stabquerschnitt und die Streckung wird gleichmässiger.

Selbstredend muss für diese Praxis die Breite jedes in der Reihe liegenden Kalibers etwas grösser als die Höhe des vorhergehenden sein und die Höhe stets etwas kleiner sein als die Breite des folgenden. Dadurch, dass man so verfährt, erlangt man nach wenig Durchgängen eine starke Verjüngung des Stückes.

Die Verzeichnung selbst nun anlangend, so richtet sich dieselbe in den beiden Hauptsachen, in dem Verhältniss von Höhe und Breite sowohl wie auch in der Krümmung der Umrisse, wesentlich nach der Beschaffenheit des Materials.

Weicheres Material verträgt durchschnittlich eine grössere Differenz zwischen Höhe und Breite als härteres oder dichteres Material, und ebenso findet man bei weicherem Material im Allgemeinen eine etwas bauchigere, d. h. mit kleineren Radien gezogene Form der Kaliber. Beide Verhältnisse der Construktion, das letztere mehr als das erstere, bewegen sich in ihren Schwankungen immerhin in ziemlich engen Grenzen, da zunächst jede zu *starke* Krümmung des Kaliberumrisses sich sehr bald durch eine ungenügende Führung des Stabes und ein Umschlagen desselben bemerklich machen wird, sobald der Scheitel des Kalibers seinen Druck auszuüben beginnt.

Dasselbe tritt auch bei starken Streckungen auf und bedarf der Stab nach dem Verlassen eines solchen sehr abgeflachten Kalibers der genaueren Führung in einem geradlinig begrenzten Diagonalkaliber, wenn er weiter gestreckt werden soll. Dies findet z. B. beim Drahtwalzen statt und wird noch besprochen werden.

Noch ist bezüglich der Kalibergestaltung zu bemerken, dass sowohl der Scheitelwinkel durch eine Stegfläche abgestumpft als auch der Winkel an der Walzlinie nach aussen gerundet werden muss. Im ersten Fall können sich keine zu scharfen Kanten bilden, die in der Folge zur Entstehung von Graten oder Nähten Veranlassung geben können, indem sie sich zwischen die Stegflächen klemmen, durch welche man die Kaliber voneinander zu trennen pflegt.

Die hieraus sich ergebende, dem rhombischen Profil sich zuneigende Querschnittsform wird vor dem Verlassen der Vorstreckwalzen dadurch corrigirt und in eine gerundet quadratische verwandelt, dass man den Stab zweimal, aber um 90^0 gewendet, durch dasselbe Kaliber gehen lässt.

§ 660. An geometrischen Recepten für die Verzeichnung der Spitzbogenkaliber fehlt es nicht. Das allgemeine Verfahren ist das, dass man um die horizontale Diagonale des künftigen Kalibers einen Kreis zieht, auf dem verticalen Durchmesser von oben herab den Druck abträgt und dadurch die Höhe des Kalibers oder die Länge der verticalen Diagonale bestimmt.

Man zieht mit einem Radius, welcher zwischen der Grösse der Kaliberhöhe und der Kaliberbreite schwanken kann, die vier den Kaliberumriss bildenden Kreisbögen, flacht den Scheitelwinkel etwas ab und rundet die Ränder des Kalibers durch Kreisbögen, welche mit 0,2—0,4 der Breite des Kalibers geschlagen sind.

Eine der bewährtesten Construktionen, speciell für Luppenwalzen, ist in Fig. 1 der beifolgenden Texttafel A dargestellt; die Kaliberhöhe (ohne Einrechnung der etwaigen Abstumpfung des Scheitelwinkels) ist gleich $^9/_{10}$ der Kaliberbreite, um welche der Grundkreis geschlagen ist. Die Bogen des Kaliberumrisses sind mit der Kaliberbreite als Radius geschlagen und mit einem 0,1 der Breite betragenden Radius sind die etwa 0,05 der Breite langen Abrundungscurven an der Walzlinie gezeichnet.

Einen weit geschweifteren und auch gekrümmteren Umriss zeigt die Kaliberskizze 2, in welcher die Bogen des Kalibers mit dem Verticaldurchmesser, d. h. der Höhe, als Radius geschlagen sind, also mit ca. 0,9 der Breite. Die Ausrundung, welche innerhalb einer durch einen Kreis von $^1/_{12}$ der Breite als Durchmesser gekennzeichneten Zone oberhalb und unterhalb der Walzlinie Platz greift, ist mit einem Kreisbogen von dem Radius 0,20 der Breite geschlagen und so gezeichnet, dass die Radien der Hauptumrisskreisbögen und der Abrundungsbögen an der Berührungsstelle eine gerade Linie bilden. Der Winkel des Kaliberumrisses mit der Walzlinie wird allerdings etwas spitzer, gibt aber doch zu keiner Ausfüllung oder einer Gratbildung Veranlassung.

Die dritte Skizze der Texttafel zeigt, wie man, von der Kaliberhöhe ausgehend, verfahren muss. Es ist diese Methode minder einfach, weil man oberhalb wie unterhalb der Walzlinie die Schnittpunkte der Kaliberumrisse mit dem benutzten Grundkreis aufsuchen muss.

Ein von den Schnittpunkten des Grundkreises und der Walzlinie aus mit 0,18 der Höhe gezogener Kreis gibt für die betreffende Seite den Endpunkt des Kaliberkreisbogens, der im vorliegenden Fall mit 1,2 der Kaliberhöhe geschlagen wird. Die Ausrundung geschieht mit 0,4 der Kaliberhöhe und die beiderseitigen Mittelpunkte liegen mit dem Berührungspunkt wiederum auf einer geraden Linie.

Hält man bei diesen wie bei allen anderen Verzeichnungen an demselben Verhältniss von Höhe und Breite fest, so werden die sämmtlichen Kaliber einander ähnlich.

Anders ist es, wenn das Verhältniss veränderlich wird und wenn auch die Krümmungsradien den hauptsächlichen Abmessungen des Kalibers nicht in demselben Maasse proportional bleiben.

Dies ist z. B. der Fall, wenn, wie Hollenberg a. a. O., S. 38 angibt, manche Walzenconstrukteure die Kaliberbogen mit einem constanten Halbmesser, z. B. = dem Walzenradius, vermindert um ein bestimmtes, auf $1^1/_2$ Zoll beispielsweise angegebenes Maass, verzeichnen.

§ 661. Wenn diese Anwendung einer constanten Abnahme in Verbindung mit einer stetigen Veränderung des Druckes, d. h. des Unterschiedes zwischen Kaliberhöhe und Kaliberbreite zur Ausführung käme, so würde der mit der Abkühlung voranschreitenden Aenderung in der Beschaffenheit, d. h. der Dehnbarkeit und Geschmeidigkeit des Eisens am besten entsprochen und es würde trotz zunehmender Härte des Walzmaterials doch die Arbeit des Walzwerkes die gleiche bleiben.

Nur bei den Luppenwalzen wird man den Druck gleichmässiger vertheilen müssen, weil die ersten Kaliber es mit einer oft noch etwas wenig ductilen Substanz zu thun haben. Dies ist auch der Grund, warum man für Luppenwalzwerke vielfach von der Benutzung reiner Spitzbogenkaliber abgegangen ist und den, wenn auch leicht abgestumpften, doch erkennbaren Scheitelwinkel durch eine gerundete Linie ersetzt hat, indem man gleichzeitig die vier Seiten des Kalibers nicht mehr durch Bogen, sondern durch Tangentenstücke (an einen im Kaliber eingeschriebenen Kreis gelegt) ersetzte, welche bis in die Zone der Walzlinie hineingehen und dann in dieselbe gerundet übergeführt werden.

Ehe auf die Construktion dieser auf dem Textblatt in den Skizzen 5 und 6 dargestellten Kaliber näher eingegangen wird, ist noch auf die Construktion Skizze 4 hinzuweisen, welche die 1873 in Wien zur allgemeineren Kenntniss gebrachten Luppenkaliber für Drahtfabrikation der Westfälischen Union anbetrifft (cf. Dürre, Wiener Bericht, S. 163, Taf. XVII).

Nachdem die verticale und horizontale Diagonale im Grundkreis, der über der Breite des Kalibers gezogen ist, verzeichnet sind, verlängert man die verticale Diagonale beiderseits um $^1/_{15}$ derselben und verbindet die gewonnenen Endpunkte mit den Endpunkten der horizontalen Diagonale zu einem etwas rhombischen Viereck. Nun errichtet man auf der Mitte der Seiten dieses Rhombus normale Geraden nach der Kalibermitte zu, welche natürlich nicht zusammenfallen, sondern eine andreaskreuzartige Figur bilden. Trägt man vom Mittelpunkt der Figur aus auf der Walzlinie rechts und links ein Stück gleich $^1/_4$ der halben verticalen Rhombendiagonale ab und errichtet darauf am Theilpunkt Normalen zur Walzlinie, so schneiden dieselben die vier Lothe der Rhombenseiten in vier symmetrischen und innerhalb des Rhombus liegenden Punkten. Von diesen Punkten aus schlägt man mit den Lothlängen die das Kaliber oben zunächst abstumpfenden Bogenstücke und schliesst dann das Kaliber durch einen mit etwa $^1/_8$ der Kaliberbreite als Radius geschlagenen Bogen so, dass der Abstand des Scheitels vom Breitenkreis etwa $^1/_6$ der Breite ist. Der Druck beträgt hiernach thatsächlich $^1/_6$ statt $^1/_{10}$ bei den drei vorhergehenden Beispielen, also 0,166 statt 0,1. Dabei ist der Winkel der Kaliberhälfte in der Walzlinie grösser als 90^0 und die Verbindung der starken Rundung im Scheitel mit der geradlinigen Seitencontour wird wohl jede Nähtebildung zu hindern und eine genaue Profilirung des Fertigstabes zu veranlassen im Stande gewesen sein.

Die Kaliber sind ebenfalls untereinander geometrisch ähnlich.*)

§ 662. Die Verzeichnung der unter 5 und 6 dargestellten Kaliber von spitzbogenähnlicher Gestalt rührt von Vahlkampf her und ist von Dr. Kollmann in einem Aufsatz über Luppenwalzwerke und die für dieselben geeignetste Construktion (Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1878, S. 53, daraus Kerpely's Jahresbericht 1878, S. 344) besprochen worden, allerdings nicht unter vollständiger Darlegung der Construktionsregeln.

Die Construktion beruht wesentlich auf der Anwendung eines in dem Kaliber eingeschriebenen Kreises, dessen Durchmesser für das erste Kaliber sich aus der durchschnittlichen Grösse der vorgeschmiedeten Luppen ergibt und für die folgenden Kaliber nach einem bestimmten, zu wählenden Abnahmeverhältniss berechnet werden muss.

Die Abnahme darf, wie Kollmann ganz richtig hervorhebt, nicht sehr bedeutend sein, weil das Luppeneisen besonders vorsichtig behandelt werden muss, obschon andererseits ein schnelles Walzen wegen der Wärmeausnutzung der Luppen erwünscht erscheint.

Es ist ferner bei der Festsetzung der Abnahme nicht ausser Acht zu lassen, dass auf demselben Walzwerk oftmals sowohl weiches, sehniges Eisen, als auch harter Puddelstahl gewalzt werden muss, und dass ein mittleres Verhältniss somit immer am vortheilhaftesten wirken muss.

Da ausserdem noch die abnehmende Temperatur der Walzstücke mit der Abnahme der Kaliberquerschnitte in gewisser Beziehung stehen muss, hat Kollmann Temperaturmessungen nach jedem Durchgang vorgenommen, indem er die Wärme des Walzstückes auf gleiche Wassermengen übertrug und fand, dass bei Luppen-Triowalzen mit der Abnahme nicht über $^1/_7$ des Durchmessers von dem eingeschriebenen Kreise gegangen werden kann, und dass es sogar besser ist, $^2/_{15}$ oder $^1/_8$ zu nehmen.

Für unsymmetrische Kaliber, wie sie in Trios bei Vermeidung aller todten Kaliber entstehen, geht man mit der Abnahme nicht über $^1/_{10}$ hinaus, weil einseitige Drucke vorhanden sind.

Für die Grenzen der Dimensionen der ganzen Kaliberreihe muss noch angeführt werden, dass der Durchmesser des grössten Kalibers etwas kleiner zu nehmen ist als die Diagonale des Luppenquerschnittes, und dass der Durchmesser des kleinsten Kalibers in der Vorwalze etwas geringer sein muss als die Breite des schmalsten Flachstabes. Beträgt z. B. letztere 50 mm, so wird das letzte Vorwalzkaliber 45 mm im Durchmesser zu nehmen sein.

Die Verzeichnung selbst ist aus den Skizzen 5 und 6 des Textblattes A leicht zu erkennen. Um den Kreis zieht man zunächst die das Grundquadrat bildenden Tangenten, welche die Walzlinie unter 45^0 schneiden. Dann rundet man den Scheitel mit zwei Kreisbögen aus, deren Radien bezw. gleich dem Kreisdurchmesser und gleich dem Viertelkreisdurchmesser sind. Die Höhe des Kalibers wird hierbei von selbst sich ergeben, sobald man nur streng darauf sieht, dass die zweierlei Kreisbögen an der Berührungsstelle sich nicht schneiden, sondern tangent bleiben.

Auch die Kaliberbreite ist ein rein geometrisches Resultat. Man errichtet auf den Seiten des Kaliberquadrates, nachdem man von der Walzlinie aus $^1/_4$ der Quadratseite aufgetragen, eine Normale, trägt darauf den Kreisradius oder die halbe Quadratseite auf und gewinnt so vier Mittelpunkte, aus denen mit dem Kreisradius die Rundung zwischen den beiden Kalibern gezogen wird. Das Quadrat

*) Die Verzeichnung ist von Herrn Ingenieur Loose mit grosser Mühe und Sorgfalt nach den Umrissen der Kaliber ermittelt worden.

des nächsten Kalibers, aus den Kreistangenten desselben gebildet, legt sich direkt an die Rundung tangential an.

Dieses Construktionsverfahren, welches der Verfasser aus den Kollmann'schen Figuren abgeleitet hat, bedarf einer umständlich zu berechnenden Breite und Höhe nicht, sondern nur einer genauen Ausführung.

Das freie Spiel zwischen den Walzen ist in dem angedeuteten Verhältniss auch nur Ergebniss der Construktion; die Praxis scheint aber bewiesen zu haben, dass diese Stellung die beste ist und am wenigsten zur Gratbildung Veranlassung gibt (vgl. die Quelle).

§ 663. Es ist vorhin bereits von Trios für Spitzbogenkaliber die Rede gewesen und es bietet die Construktion eines solchen keine Schwierigkeit. Arbeitet man mit drei ganz gleichen Walzen und bezeichnet die Kaliber zwischen Mittel- und Unterwalze mit 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 u. s. w., die zwischen Mittel- und Oberwalze dagegen mit I, II, III, IV, V, VI, VII u. s. w., so wird die Luppe nacheinander die Kaliberfolgen

1, II, 3, IV, 5, VI, 7 u. s. w., oder, wenn mit I angefangen wird,
I, 2, III, 4, V, 6, VII u. s. w. zu passiren haben.

Benutzt man die eine oder die andere Reihe, so sind jedesmal die übrigen Kaliber als todte, d. h. nichtbenutzte anzusehen. Will man dies vermeiden, so müssen einzelne oder alle Kaliber unsymmetrisch zur Walzlinie werden, da beide Hälften ungleiche Höhen erhalten und auch im Uebrigen verschieden zu construiren sind.

Daelen hat in seiner Preisschrift eine Construktion solcher Spitzbogenkaliber angegeben, welche viel angewandt wird, trotzdem dass man sich bei genauer Vergegenwärtigung des allmäligen Streckvorganges mit Kollmann der Ansicht nicht verschliessen kann, dass auf der oberen Kaliberhälfte andere Höhenabnahmen in die einzelnen Querschnitte gebracht werden, also wiederum seitliche Substanzbewegungen entstehen müssen, welche gefährlich wirken.

Wenn dafür Sorge getragen wird, dass die Arbeiter den Stab nicht allein um 90^0 nach jedem Durchgang wenden, sondern ihn nach und nach in gleicher Richtung weiter drehen, ist es eventuell möglich, ohne Verzerrungen zu walzen.

Die Vahlkampf'sche Construktion eines solchen unsymmetrischen Kalibers ist durch Skizze 6 des Textblattes A wiedergegeben.

Die untere Hälfte des Kalibers ist genau so construirt wie das symmetrische Kaliber Skizze 5 und die Seiten werden genau ebenso abgerundet.

Man legt nunmehr den um die Höhenabnahme (ca. $^1/_{11}$ in der Zeichnung) kleineren Grundkreis der oberen Kaliberhälfte so, dass der Mittelpunkt desselben um eben diese Höhenabnahme unter dem Mittelpunkt des grösseren Kaliberkreises sich befindet.

Man zieht die 45^0 gegen die Walzlinie geneigten Tangenten und rundet den Scheitel wiederum mit den beiden Bogen (Radius = Kreisdurchmesser und Radius = Viertelkreisdurchmesser) aus. Die Flügel des Kalibers werden dagegen nur mit Bogen von Radius = 0,08—0,1 des Kreisdurchmessers gerundet und folgt dann eine Ausbauchung, welche ungefähr in der früher erwähnten Spielweite der Abrundung auf der Mittelwalze concentrisch folgt, daher ganz gut aus denselben Mittelpunkten gezogen werden kann.

Da hierbei auch die Kaliberbreite geändert ist, nicht bloss die Höhe, kommen die Stäbe nicht so verdrückt und dadurch zum Umschlagen geneigt aus der Walze wie bei anderen, z. B. dem Daelen'schen Spitzbogentrio.

Die Verzeichnung des letzteren ist ziemlich einfach. Man legt die beiden Walzlinien zunächst fest und beginnt zu zeichnen, indem man die untere Hälfte des unteren Kalibers ganz normal mit einfachem Druck (ca. $^1/_{12}$) construirt. Darauf steht dann die andere (in die Mittelwalze einzudrehende) Furche oder Kaliberhälfte, welche bei gleicher Breite doppelten Druck erhält. Diese Figur wiederholt sich natürlich unterhalb der oberen Walzlinie, während oberhalb derselben die (in die Oberwalze einzuschneidende) andere Kaliberhälfte den dreifachen Druck hat. Die Breite der nächsten Kaliberreihe ist gleich der Höhe der untersten Kaliberhälfte der ersten Reihe weniger dem doppelten Druck oder gleich der Höhe des oberen Kalibers.

Die Walzerpraxis muss hier mehr noch als bei normalen Kalibern die Stabform corrigiren, ehe sie in die Flach- oder sonstigen Fertigkaliber gelangen darf.

Bezüglich der zum Vorwalzen für Stabeisen speciell geeigneten Spitzbogenkaliber ist noch anzuführen, dass dieselben sich von den für Luppenwalzen gebräuchlichen oft gar nicht, meist nur wenig unterscheiden. Die Verzeichnung findet nach demselben Princip statt, denn es bilden auch hier vier Kreisbogen den Kaliberumriss und ihre Radien sind für das symmetrische Kaliber stets gleiche.

Die Grösse der Radien ist theils grösser, theils geringer, was schon daraus hervorgeht, dass von den auf dem Textblatt A verzeichneten Kaliberskizzen die erste für Luppen und Packete, die

zweite für Packete oder Kolben, die dritte für Luppen, die folgenden drei ebenfalls für Luppen bestimmt gewesen sein sollen.

Man findet aber andererseits auch, dass Walzendrehereien das Princip haben, die Formen der Vorkaliber für einmal geschweisstes Eisen flacher zu machen und dem Quadrat mehr zu nähern.

Die Drucke sind dann gewöhnlich auch keine sehr hohen mehr und die Abnahme der grösseren Consistenz des Metalls eine entsprechend geringere. Man muss mit zunehmender Abkühlung umsomehr auf gleichmässige Streckung sehen und unsymmetrische Kaliber sind durchaus zu umgehen.

Ausführlich verbreitet sich Hollenberg in seiner Preisschrift S. 48 u. ff. über die Abmessungen und die daraus hervorgehenden generellen Abnahmeverhältnisse der Vorwalzenkaliber.

§ 664. Die nachstehenden Beispiele rühren zum Theil von Walzen her, auf denen zuerst einige Schweiss- und dann eine Reihe Spitzbogenkaliber zusammengestellt sind.

Auf die Schweisskaliber wird noch zurückzukommen sein, hier sollen zunächst nur die Spitzbogenfolgen besprochen werden, nach denen ganz leicht mittelst einer der empfohlenen Verzeichnungsregeln das Weitere ausgeführt werden kann.

I. Grobeisenvorwalze.

No.	Kaliber	Höhe Linien	Breite Linien	$\frac{\text{Breite}}{\text{Höhe}}$	Produkt aus Höhe und Breite	Eingeschriebener Kreis Linien	Bogenradius Linien
1	Rechteckiges Schweisskaliber	66	84	—	—	—	—
2	do.	66	66	—	—	—	—
3	Spitzbogiges Streckkaliber .	68	87	1,1279	5916	—	—
4	do.	60	69	1,1500	4140	—	—
5	do.	50	60	1,200	3000	—	—
6	do.	44	50	1,1346	2200	—	—
7	do.	37	44	1,1892	1628	—	—
8	do.	30	38	1,2667	1140	—	—
9	do.	26	30	1,1504	780	—	—
	Im Mittel	—	—	1,17436	—	—	—

II. Grobeisenvorwalze für etwas leichteres Eisen.

No.	Kaliber	Höhe Linien	Breite Linien	$\frac{\text{Breite}}{\text{Höhe}}$	Produkt aus Höhe und Breite	Eingeschriebener Kreis Linien	Bogenradius Linien
1	Rechteckiges Schweisskaliber	54	72	—	3888	—	—
2	do.	54	55,5	—	2997	—	—
3	do.	45	54	—	2430	—	—
4	do.	45	45	—	2025	—	—
5	Spitzbogiges Streckkaliber .	48	66	1,3750	3168	42	87
6	do.	42	52,5	1,2500	2205	36	96
7	do.	36	48	1,3333	1728	31,5	96
8	do.	33	42	1,2727	1386	15*)	82,5
9	do.	27	37,5	1,3889	1013	23,5	75
10	do.	24	34,5	1,4375	827	20	—
11	do.	21	28,5	1,3571	598	18	—
12	do.	19,5	24,75	1,2692	483	16,5	—
	Durchschnittsverhältniss . .	—	—	1,33524	—	—	—

Diese Walze hatte ein Spiel von $1/4$ Zoll bei einer Entfernung der Walzenaxen von 219 Linien ($18\frac{1}{4}$ Zoll).

*) Diese Zahl, aus der Dimension $1\frac{1}{4}$ Zoll berechnet, ist jedenfalls falsch!

Zur Umsetzung von $1/8$ und $1/16$ Zoll in Linien sind nachstehende Werthe zu benutzen:

11,25	10,5	9,75	9,0	8,25	7,50	6,75	6,0	5,25	4,50	3,75	3,0	2,25	1,25	0,75
$15/16$	$7/8$	$13/16$	$3/4$	$11/16$	$5/8$	$9/16$	$1/2$	$7/16$	$3/8$	$5/16$	$1/4$	$3/16$	$1/8$	$1/16$

während 46 Linien genau 100 mm ausmachen oder 23 Linien 50 mm.

Daraus berechnen sich für

1	2	3	4	5	6	7	8	9 Linien
2,1739	4,3478	6,5217	8,6956	10,8695	13,0434	15,2173	17,3912	19,5651

für 10 Linien = 21,7391 mm.

Es sind nicht alle Beispiele umgerechnet worden, da es noch Metermaasse genug gibt, auf denen rheinisches und englisches Maass, selbst Lütticher und Pariser Fuss noch figuriren.

III. Grobeisenvorwalze für schweres Eisen.

No.	Kaliber	Höhe Linien	Breite Linien	Breite / Höhe	Produkt aus Höhe und Breite	Eingeschriebener Kreis Linien	Bogenradius Linien
1	Rechteckiges Schweisskaliber	78	99	—	7722	—	—
2	do.	81	81	—	6591	—	—
3	do.	66	87	—	5742	—	—
4	do.	69	72	—	4968	—	—
5	do.	57	72	—	4104	—	—
6	do.	57	58,5	—	3334,5	—	—
7	Spitzbogiges Streckkaliber .	59	76,5	1,05600	4513,5	—	—
8	do.	62,5	66	1,29661	4125	—	—
	Mittleres Verhältniss . . .	—	—	1,1763	—	—	—

IV. Grobeisenvorwalze mit vier Schweiss- und vier rhombischen Streckkalibern.

No.	Kaliber	Höhe Linien	Breite Linien	Breite / Höhe	Produkt aus Höhe und Breite	Eingeschriebener Kreis Linien	Bogenradius Linien
1	Rechteckiges Schweisskaliber	70,5	92	—	6486	—	—
2	do.	70	73,5	—	5145	—	—
3	do.	57	73	—	4161	—	—
4	do.	57	59	—	3336	—	—
5	Spitzbogiges Streckkaliber .	66	79	1,19697	5214	51	—
6	do.	56	71	1,26786	3976	42	—
7	do.	50	63	1,26000	3150	39	—
8	do.	43	58	1,34884	2494	34,5	—
	Mittleres Verhältniss . . .	—	—	1,26842	—	—	—

V. Vorwalze für Mitteleisen,

nur spitzbogige Streckkaliber, vorwiegend zum Auswalzen von Puddelstahl eingerichtet. Die Stellung ist bei den folgenden Zahlen auf 3 mm gerechnet. Die Kaliber, welche in der Wirklichkeit oben im Scheitel gerundet waren, sind in den Maassen spitz gedacht. Maasse = Millimeter.

No.	Kaliber	Höhe Millim.	Breite Millim.	Breite / Höhe	Produkt aus Höhe und Breite	Eingeschriebener Kreis Millim.	Bogenradius Millim.
1	Spitzbogiges Streckkaliber .	140	152	1,0875	21280	—	—
2	do.	115	131	1,1391	15065	—	—
3	do.	101	114	1,1287	11514	—	—
4	do.	91	99	1,0879	9009	—	—
5	do.	81	85,5	1,0555	6925	—	—
6	do.	68	78,5	1,1544	5938	—	—
7	do.	61	66	1,0820	4026	—	—
8	do.	51	55	1,0784	2805	—	—
9	do.	43	46	1,0698	1978	—	—
10	do.	40	40	1,0256	1560	—	—
	Durchschnittsverhältniss . .	—	—	1,09071	—	—	—

VI. Vorwalze für Feineisen (Triowalzwerk).

Maasse in Zollen und Brüchen.

No.	Kaliber	Höhe Zoll	Breite Zoll	$\frac{\text{Breite}}{\text{Höhe}}$	Produkt aus Höhe und Breite	Eingeschriebener Kreis Zoll	Bogenradius Zoll
1	Spitzbogiges Streckkaliber .	3 3/16	3 5/8	1,13725	2958	2 5/8	—
2	do.	2 7/8	3 1/4	1,13043	2392	2 11/32	—
3	do.	2 9/16	2 7/8	1,12195	1886	2 3/32	—
4	do.	2 5/16	2 9/16	1,10811	1517	1 7/8	—
5	do.	2 1/8	2 5/16	1,08823	1258	1 11/16	—
6	do.	1 7/8	2 1/8	1,13333	1020	1 1/2	—
7	do.	1 11/16	1 15/16	1,14815	837	1 11/32	—
8	do.	1 9/16	1 3/4	1,12000	700	1 7/32	—
9	do.	1 13/32	1 9/16	1,11111	462 1/2	1 3/32	—
10	do.	1 1/4	1 13/32	1,12500	445	1	—
11	do.	1 5/32	1 5/16	1,13513	388 1/2	29/32	—
12	do.	1 1/16	1 3/16	1,11765	323	13/16	—
13	do.	15/16	1 1/16	1,11333	255	23/32	—
14	do.	13/16	15/16	1,15385	195	21/32	—
15	do.	3/4	13/16	1,10833	156	17/32	—
16	do.	5/8	3/4	1,20000	120	1/2	—
17	do.	9/16	5/8	1,11111	90	7/16	—
18	do.	1/2	9/16	1,2500	72	3/8	—
19	do.	3/8	7/16	1,16666	42	11/32	—
	Mittleres Verhältniss . . .	—	—	1,12919	—	—	—

Eine hier fortgelassene Berechnung des Höhenverhältnisses zweier aufeinanderfolgender Kaliber ergab einen Durchschnittswerth von 1,12199. Zu dieser Hollenberg'schen Flächenrechnung in der vierten Ziffernspalte ist zu bemerken, dass hier 1/16 Zoll als Grundlage benutzt ist, in anderen Fällen Linien und Millimeter.

Weitere vier Beispiele übergehend, wird hier noch zu bemerken sein, dass die Verhältnisse von Höhe zu Breite sich im Durchschnitt aller Beispiele auf 1,1323 stellen, Grob-, Mittel- und Feineisenvorwalzen durcheinander gerechnet.

§ 665. Bezüglich der Breitungen in den Streckkalibern ist indess noch Folgendes anzuführen.

Im Beispiel I (Grobeisenvorwalze) sind die Breitungen: Kaliber 3 nach 4 u. s. w. bezw.

1 Linie 0 0 0 1 Linie 0,

also im ersten und fünften je 1 Linie, in den übrigen gar keine Breitung.

Im Beispiel II (Grobeisenvorwalze für etwas leichteres Eisen) sind die Breitungen bezw.

4,5 6 6 4,5 7,5 4,5 3,75*) Linien.

Im Beispiel III (Grobeisenvorwalze für schweres Eisen) ist in den beiden Spitzbogenkalibern nur die eine Breitung von 7 Linien enthalten.

Im Beispiel IV (Grobeisenvorwalze mit rhombisch geradlinigen Streckkalibern) sind nachstehende Breitungen:

5 7 8 Linien vorhanden.

Im Beispiel V (Vorwalze für mittlere Waare aus Puddelstahl), dessen Abmessungen in Millimetern angegeben sind, finden sich negative Breitungen vor, welche dadurch entstanden sind, dass die im Scheitel vorhandene Abrundung der Kaliber zur besseren Feststellung der Hauptflächenrichtungen nicht berücksichtigt worden sind.

Die Höhe wurde vielmehr stets bis zum Schnittpunkt der Seiten genommen, und zur Beurtheilung der Breitung müssen diese negativen Werthe einfach ausser Acht gelassen werden.

Im Beispiel VI (Vorwalze für Feineisen) ist eine Breitung fast nicht vorhanden, nur einzelne Uebergänge zeigen eine solche. Die Reihe ist folgende:

im Kaliber	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	1/16"	0	0	0	0	1/16"	1/16"	0	0	1/16"	1/32"	0	0	0	0	0	0	0**)

*) Bei Hollenberg ist die Breitung des fünften Kalibers aus Versehen = 5/8 Zoll = 7,5 angegeben.
**) Hollenberg hat eine 0 ausgelassen und nur 17 Breitungen statt 18 angegeben.

Die Breitungen erscheinen für Grobeisen im Allgemeinen grösser, was ja ganz natürlich ist, da mit der Zunahme aller Abmessungen auch die Unterschiede der Breite und Höhe der Kaliber wachsen müssen.

Als Mittel der sämmtlichen Beispiele dieser Art rechnet Hollenberg die absolute Grösse von 2,72 Linien heraus, ein Verfahren, welchem entgegengehalten werden kann, dass eine constante Breitung bei fortwährend sich änderndem Druck nicht wohl anzunehmen ist, sondern dass die Breitung mit dem Druck abnehmen müsse.

Betreffs der obigen Durchschnittszahl ist noch anzuführen, dass das Beispiel II so aussergewöhnlich grosse Breitungen zeigt, dass es füglich bei der Durchschnittsbestimmung ausgelassen werden muss.

Man erhält dann einen Mittelwerth von 1,63 Linie (nicht Zoll = ″, wie bei Hollenberg, S. 54), der immer noch als gross bezeichnet werden kann, da man erfahrungsgemäss mit 1/8 Zoll = 1,5 Linie für die grösseren, 1 Linie für die kleineren Kaliber auskommt.

Verzeichnung der rhombischen und ovalen Streck- oder Entwickelungskaliber.

§ 666. Man findet unter den Vorwalzen für Grobeisen wie auch für ganz feines Eisen oftmals rhombische Kaliber anstatt der spitzbogenförmigen.

Hollenberg bildet, wie schon angedeutet, in seiner Preisschrift mehrere derartige Kaliberreihen ab. Es sind, wenn man will, geradlinig gewordene, mehr oder minder abgeflachte Spitzbogen. Man darf hier aber mit der Abflachung ebensowenig zu weit gehen als bei der Verzeichnung der eigentlichen Spitzbogenformen, wenn ein Umschlagen vermieden werden soll.

Muss aber rasch und sehr stark gestreckt werden, wie z. B. bei der Feineisen- und Walzdrahtfabrikation, so lässt man rhombische und quadratische Kaliber miteinander alterniren, wobei die Höhe des rhombischen Kalibers ungefähr gleich der Breite des folgenden Quadratkalibers sein muss, jedenfalls nicht grösser.

Alle diese Quadratkaliber sind gleichzeitig als Fertigkaliber anzusehen und müssen bestimmte, durch den Handelsgebrauch vorgeschriebene oder verlangte Dimensionen haben.

Handelt es sich um rundes Feineisen oder Walzdraht, so wendet man linsenförmige oder flach ellipsenähnliche Kaliber im Wechsel mit Rundkalibern an.

Diese abgeflachten rhombischen oder ovalen Kaliber nähern sich natürlich bezüglich der Druckwirkung immer mehr den Flachkalibern, übertreffen aber im Ganzen alle Streckungsleistungen anderer Kaliberformen in bedeutendem Maasse.

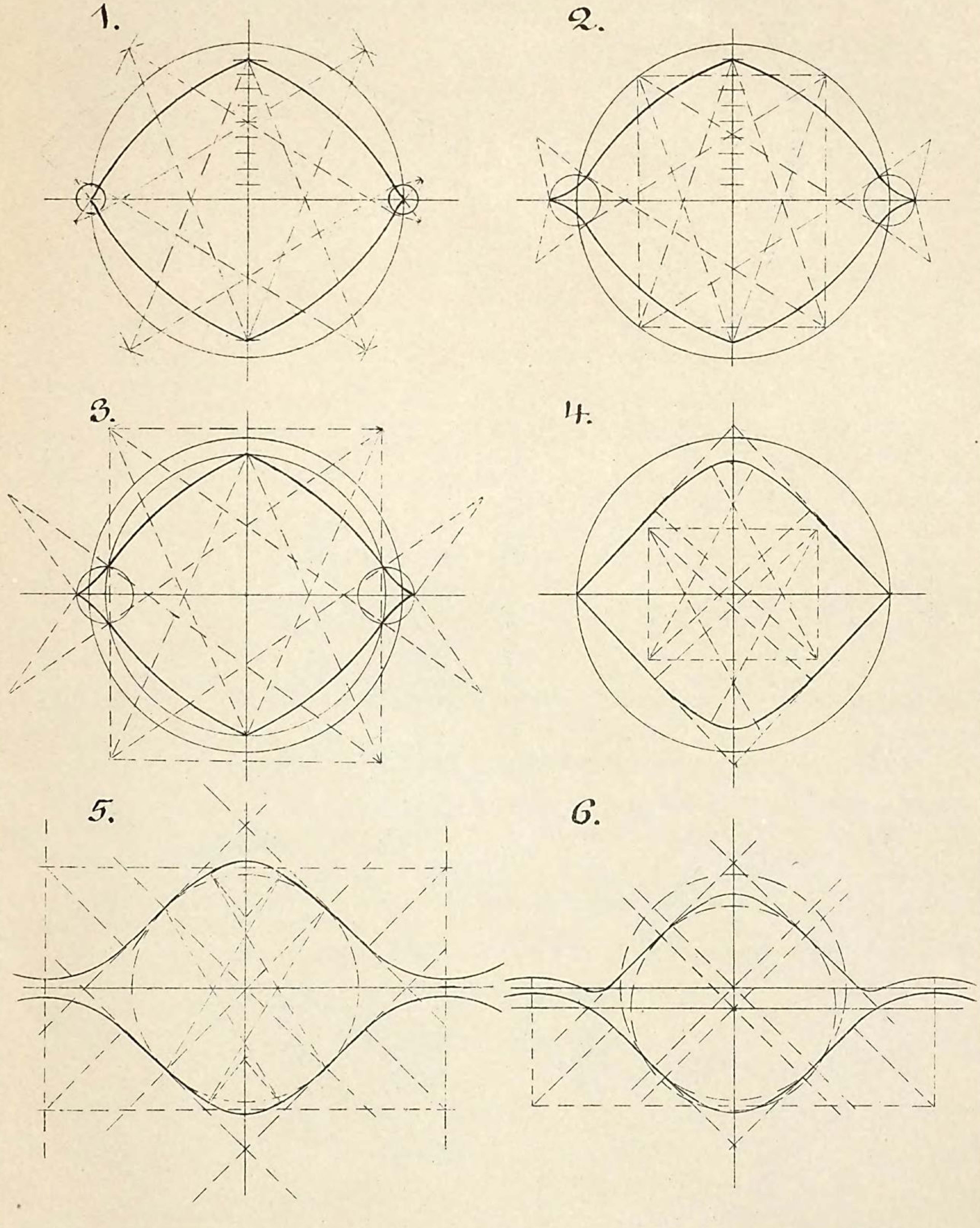
Man kann die rhombischen Kaliber auch für quadratische Fertigprofile durch ovale Kaliber ersetzen, für deren Construktion die folgenden Angaben ohne weiteren Hinweis auf Zeichnungen genügen.

Hollenberg führt an (a. a. O., S. 56 u. ff.), dass Hennaux folgende Vorschrift gäbe. Als Meissel zum Eindrehen seien kreisförmige Stahl- oder Hartgussscheiben von abnehmendem Durchmesser zu benutzen und mit denselben nach Angabe der folgenden Tabelle in die glatte Walze einzuschneiden.

Unter Annahme einer Stellung von 1 mm (Spiel) ergeben sich alsdann die nachstehenden Verhältnisse:

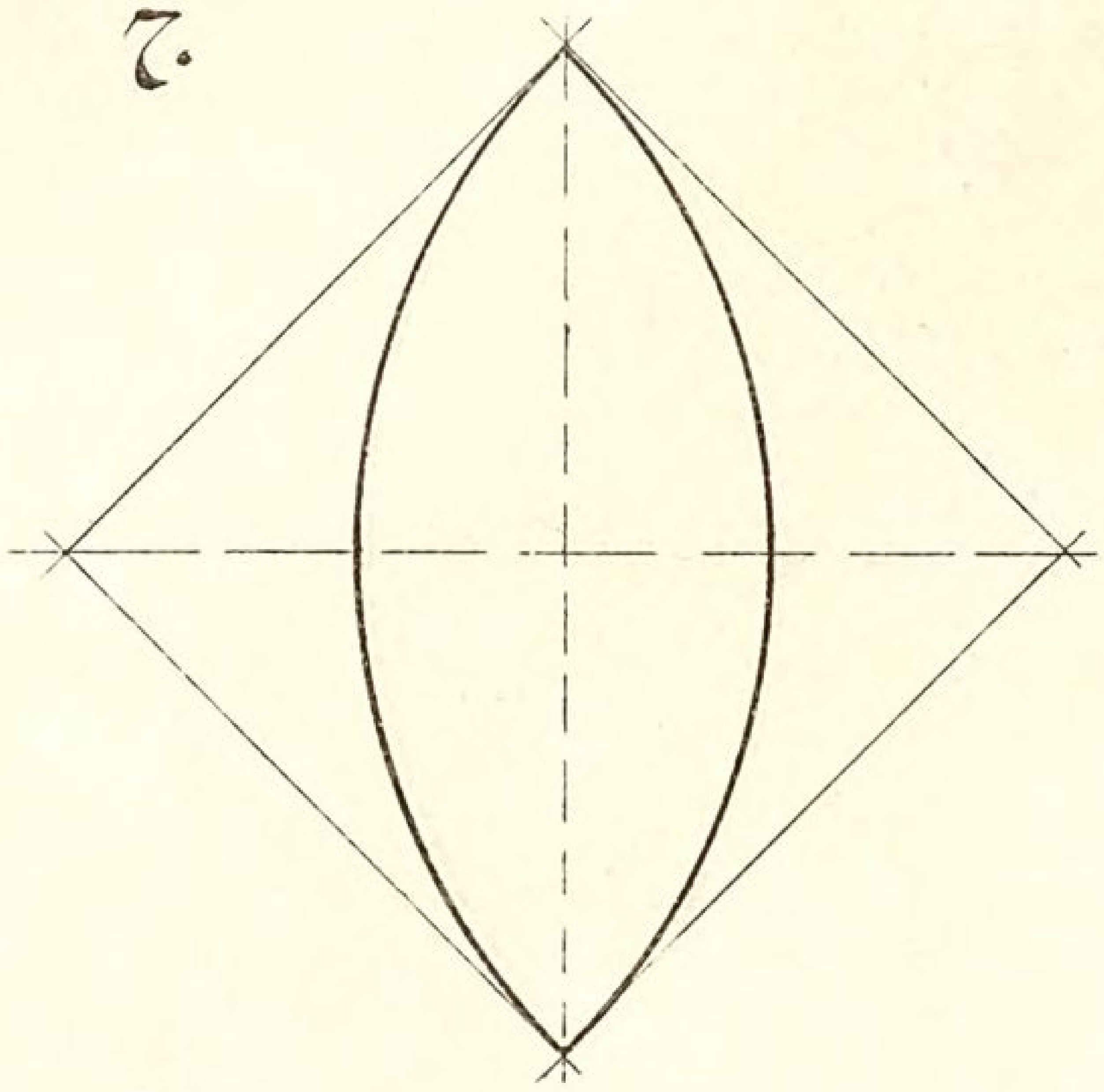
Scheiben-Durchm. Millimeter	Tiefe des Einschnittes Millimeter	Oval-Dimension Millimeter	Verhältniss Breite : Höhe	Verhältniss Höhe : Radius	Inhalt des Ovals Quadr.-Millim.	Rundeisen-Durchm. Millimeter	Querschnitt Quadr.-Millim.	Gegenseitiges Verhältniss Oval : Rund
20	6	18 × 13	1,38	1,30	186	14	154	1,21
19	5,5	17 × 12	1,41	1,26	136	13	132,7	1,025
18	5	16 × 11	1,45	1,22	117,3	12	113	1,038
17	4,5	15 × 10	1,50	1,18	100	11	95	1,052
15	4,25	13 × 9,5	1,37	1,27	80,3	10	78,5	1,022
15	3,75	12 × 8,5	1,41	1,13	68	9	63,6	1,069
13	3,25	11 × 7,5	1,47	1,15	55	8	50,3	1,093
12	2,75	10 × 6,5	1,54	1,08	43,3	7	38,5	1,125
12	2,25	9 × 5,5	1,64	0,91	33	6	28,3	1,166
11	1,75	8 × 4,5	1,78	0,82	24	5	19,6	1,224
10	1,50	6 × 4,0	1,50	0,80	16	4	12,6	1,271

Aus diesen Zahlen ergibt sich eine allmälige Vergrösserung des Verhältnisses von Breite zur Höhe von den grösseren nach den kleineren Kalibern hin, wogegen als mittleres Verhältniss $\frac{16,65}{11} = 1,51$ herauskommt. Hiernach wäre die Breite durchschnittlich gleich der ein und einhalb-

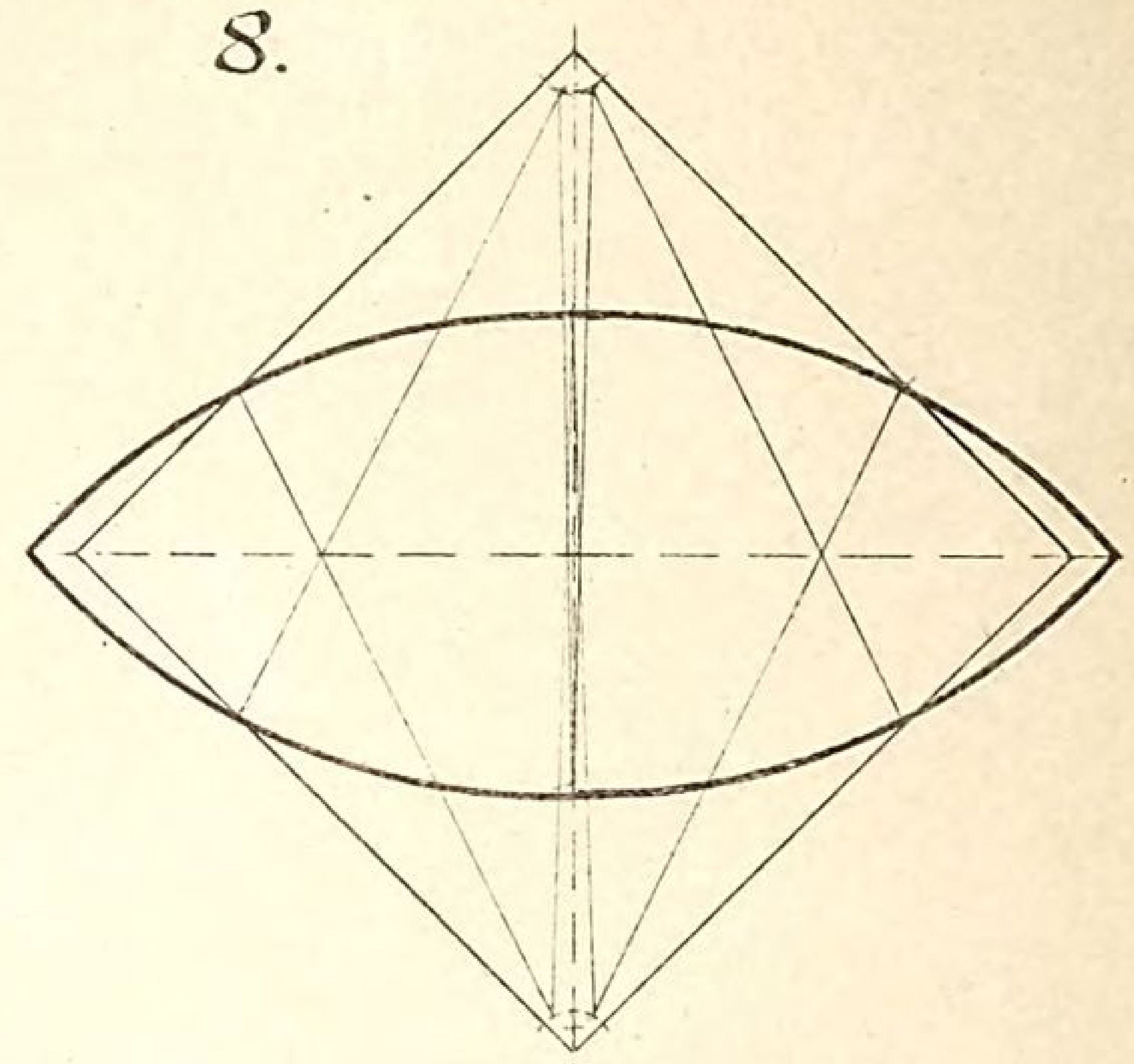


Nachdruck verboten!

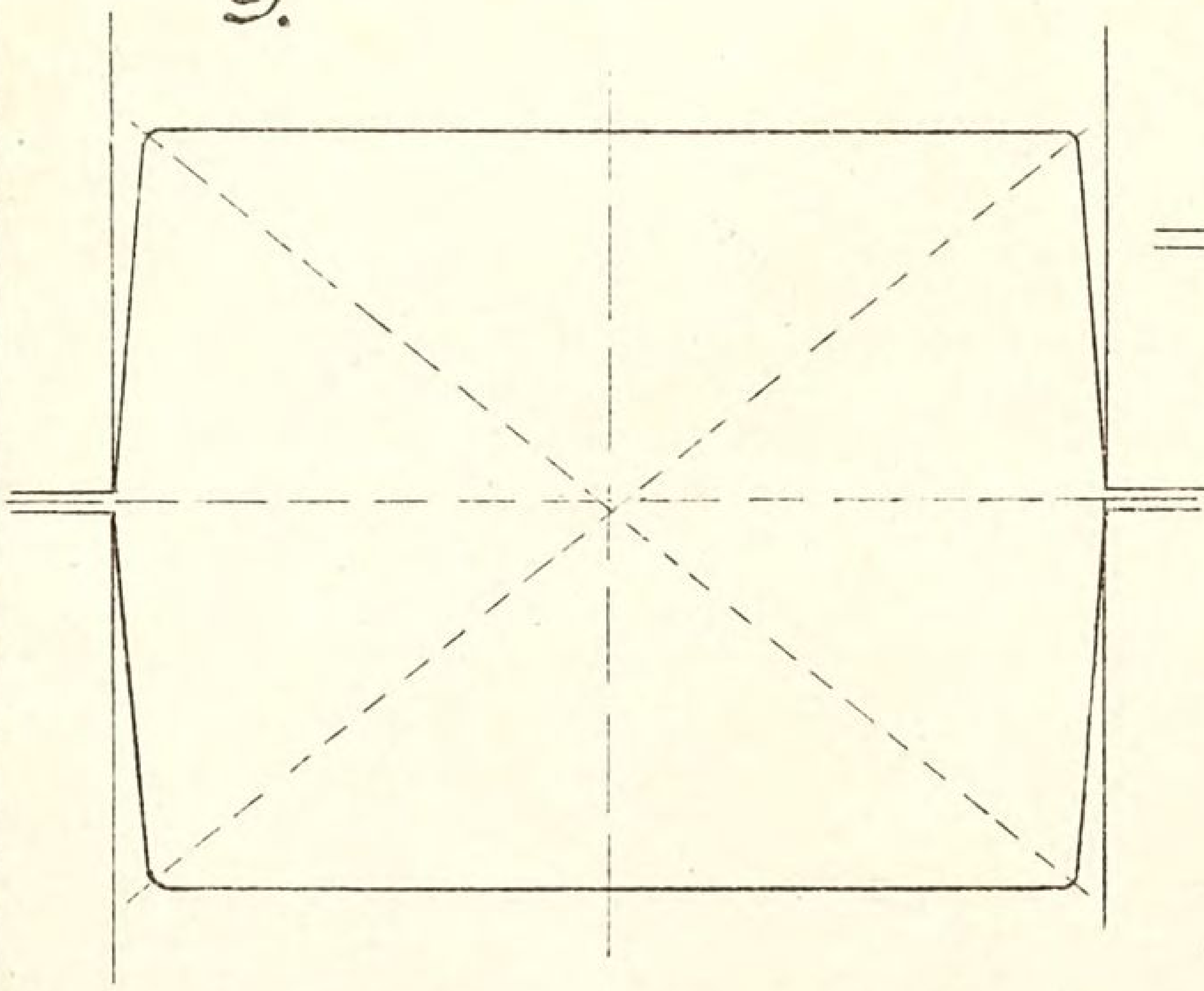
7.



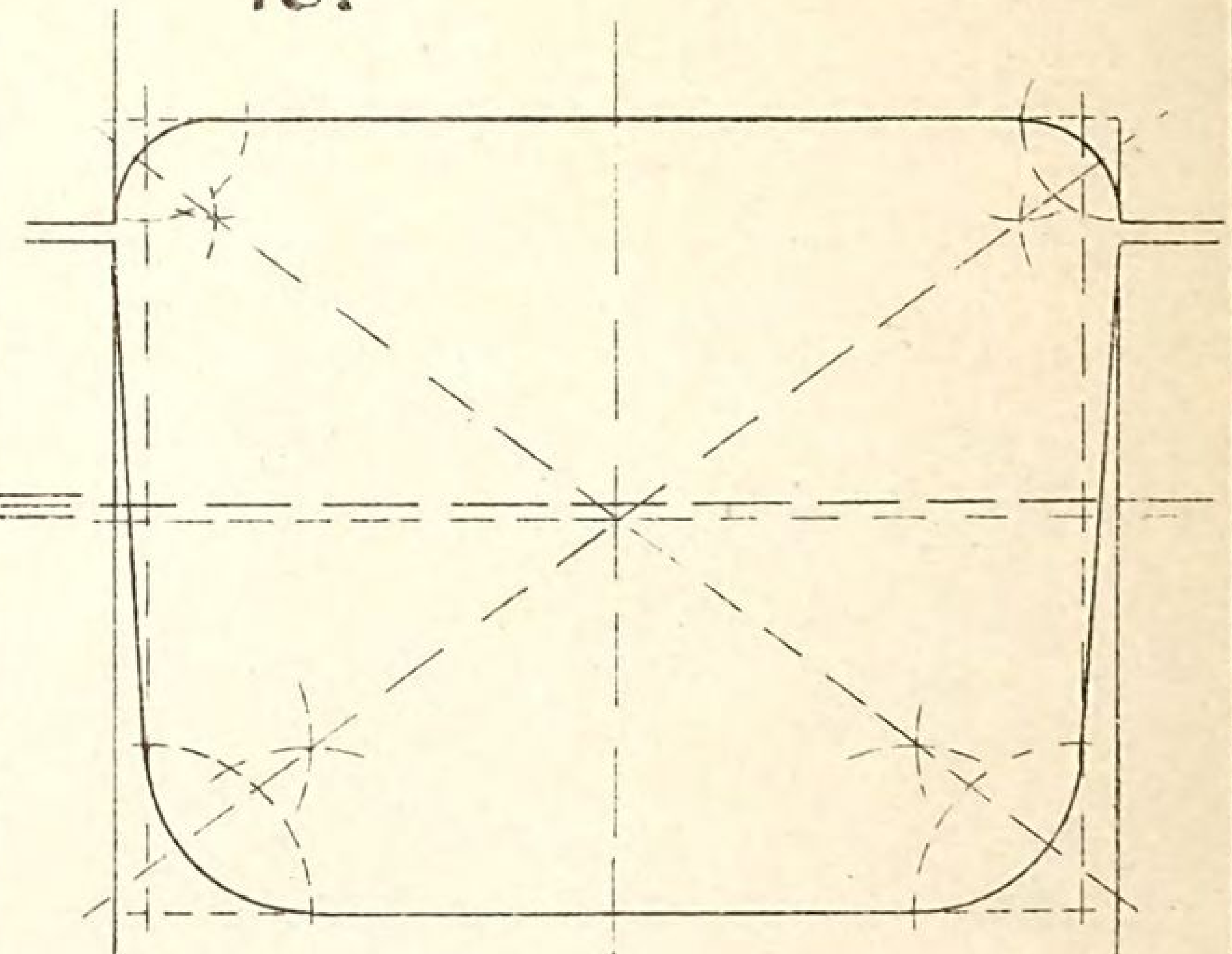
8.



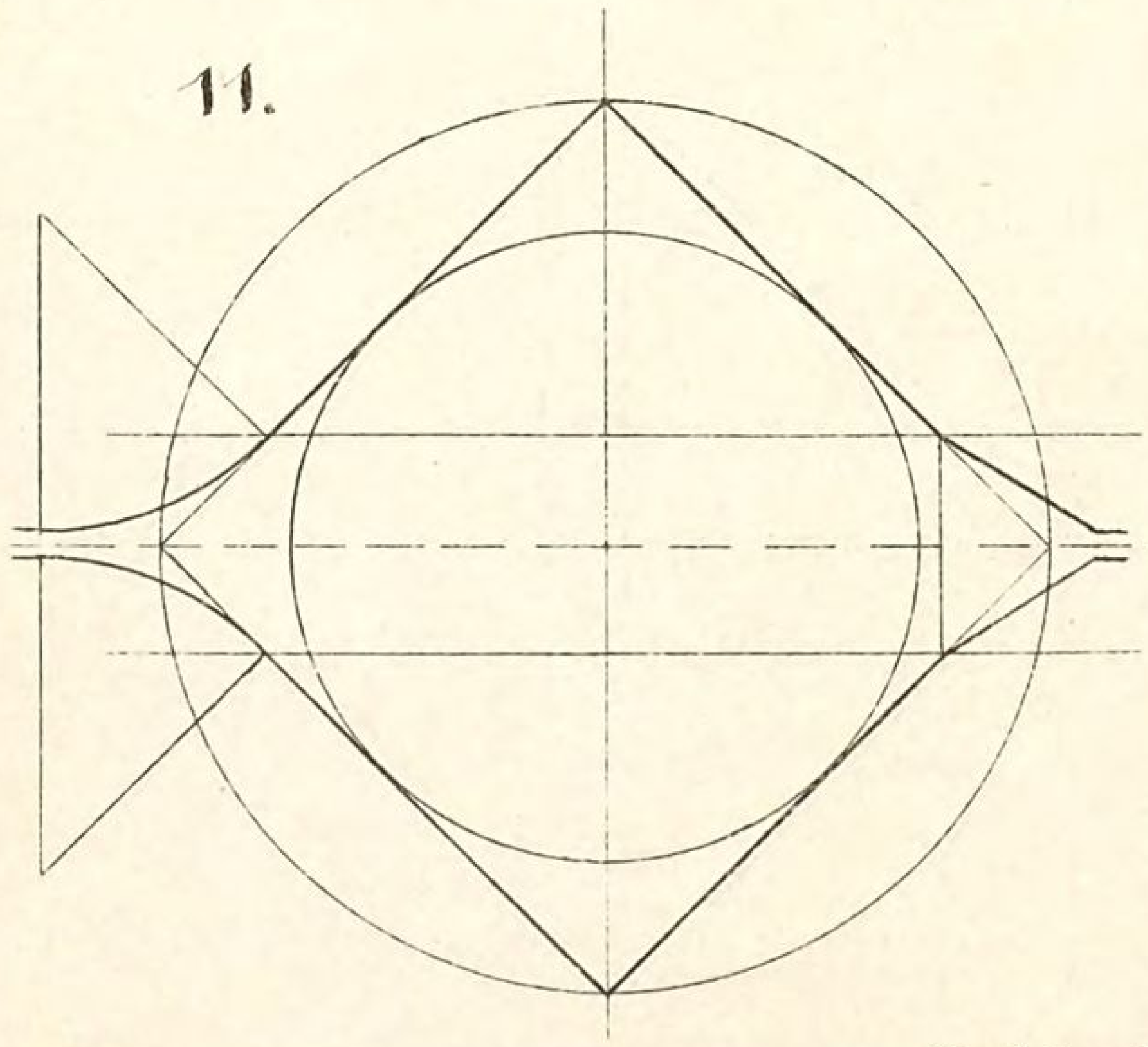
9.



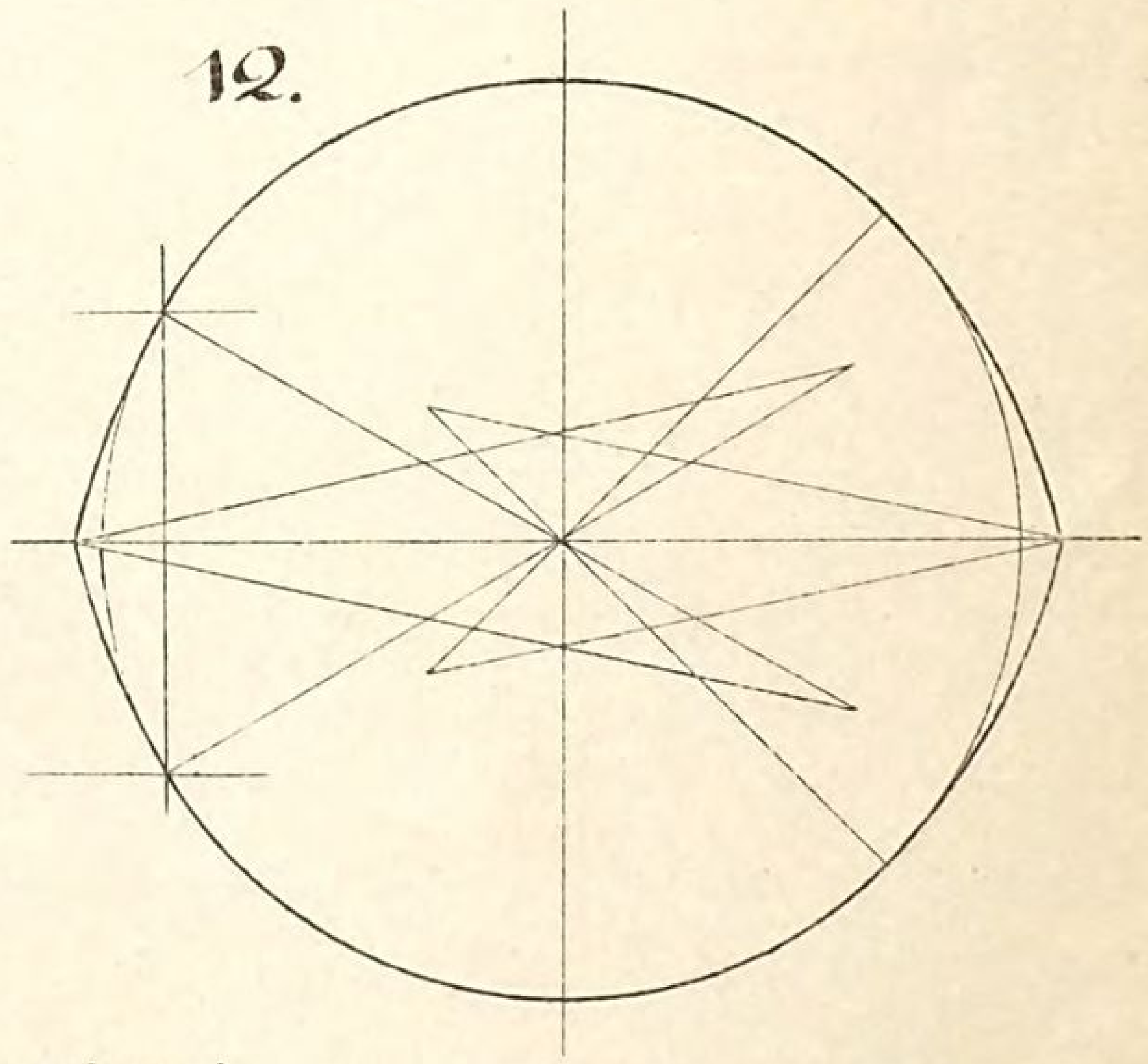
10.



11.



12.



Nachdruck verboten!

fachen Höhe. Bei den grösseren Kalibern ist der Radius kleiner, bei den kleineren grösser als die Kaliberhöhe genommen. Als Mittel berechnet sich $\frac{12,12}{11} = 1,10$.

Nachmessungen, welche Hollenberg an ausgeführten Walzen für feines Rundeisen vorgenommen hat, ergaben, dass die Kreisbögen mit dem Radius = 1—1,5mal der Höhe beschrieben waren. Der grössere Radius wurde bei den schwereren Sorten benutzt. Von einem allmäligen Uebergang, wie eigentlich normal wäre, ist nicht die Rede.

Das dritte der angeführten Beispiele wird als das vollständigste hier mitgetheilt (a. a. O., S. 58):

Kaliberhöhe Millimeter	Kaliberbreite Millimeter	Radius Millimeter	Breite : Höhe	Radius : Höhe
16,2	32,5	21,8	2,006	1,34
15,4	31,0	20,0	2,013	1,30
14,6	29,5	19,6	2,021	1,34
14,2	28,0	18,3	1,979	1,29
13,2	27,0	18,0	2,045	1,36
12,8	25,4	16,7	1,993	1,30
11,2	23,4	15,4	2,089	1,38

Das mittlere Verhältniss von Höhe zu Breite ist $\frac{14,246}{7} = 2,021$, von Höhe zu Radius $\frac{9,3}{7} = 1,33$, Werthe, welche nach Hollenberg keinen Zweifel übrig lassen, dass dieselben ursprünglich = 2, bezw. $1\frac{1}{3}$ gesetzt gewesen sind.

Hollenberg hat bezüglich der Construktion der Ovalkaliber noch ermittelt, dass man vielfach die Kaliberbreite als Diagonale eines Quadrats ansieht, von dessen Ecken aus die beiden Kreisbögen geschlagen werden (vgl. Skizze 7 der Texttafel A).

Diese Regel ergibt vollkommen mathematisch $r = 1,77\ h$ und
$b = 2,417\ h$, so dass in den verschiedenen Beispielen und nach dieser letzten Regel sich die beiden Verhältnisse

$\frac{\text{Breite}}{\text{Höhe}}$ auf 1,51 oder 2,02 oder 2,42 und

$\frac{\text{Radius}}{\text{Höhe}}$ auf 1,10 oder 1,33 oder 1,77 in der Praxis der Ausführung stellen.

Zeichnet man sich die Kaliber hiernach auf gleicher Breite auf, so hat man einen brauchbaren Anhalt zur Aufsuchung der praktischsten Verhältnisse für eine gegebene Eisensorte. Man versucht zuerst die flachste Form und dreht nach Bedürfniss weiter, zu immer schwächerem Druck übergehend.

§ 667. Bezüglich der Uebergänge aus einem Streck- in ein Ovalkaliber und umgekehrt ist nachstehende Regel von Hollenberg als praktisch brauchbar angegeben (a. a. O., S. 60; Skizze 8 der Texttafel A).

Man theilt die Seite des Streckkalibers in drei gleiche Theile, trägt auf der Höhenaxe des halben Kalibers eine Theillänge auf und legt durch die Theilungspunkte Bögen mit einem Radius gleich der Seite des Streckkalibers.*)

Die Höhe des Ovals müsste mithin nach dieser geometrischen Regel gleich $\frac{2}{3}$ der Quadratseite sein, doch trifft dies in Wirklichkeit nur bei kleineren Kaliberverhältnissen zu, während bei grösseren die Maasse auseinandergehen.

Hollenberg stellt für den Wechsel von Streck- und Ovalkalibern nachstehende Querschnittsverhältnisse auf:

Grösseres Streckkaliber	=	1704 (Quadratlinien),
Ovalkaliber	=	936
Zweites Streckkaliber	=	1085
Ovalkaliber	=	352
Drittes Streckkaliber .	=	378

Daraus ergibt sich ein Verhältniss zwischen Oval- und Streckkaliber von 10 : 18,2 für den ersten Fall, 10 : 30,82 für den zweiten Fall.

Das Verhältniss zwischen Höhe und Breite ist fast übereinstimmend 1 : 1,24, wie früher gefunden.

*) Wie die Hilfslinien der Skizze 8 ergeben, stimmt die von Hollenberg in einer gröberen Holzschnittfigur dargelegte Constructionsregel nicht ganz mit einer genauen Ausführung überein. Die Bogen, welche die Dritteltheilpunkte des Höhenmaasses über und unter der Walzenaxe mit den Theilpunkten der Quadratkaliberseite verbinden und mit der Quadratseite als Radius geschlagen werden sollen, haben ihre Mittelpunkte nicht auf der verticalen Diagonale des Quadratkalibers, sondern etwas rechts, bezw. links davon. Die Abstände sind gering, aber doch zu erwähnen.

§ 668. In den Bemerkungen über Ovalkaliber von Langhans, welche derselbe in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1876, S. 444 veröffentlicht hat, wird wesentlich Folgendes ausgeführt.

Nach einer Kritik der Bezeichnung Ovalkaliber, die man besser als linsenförmige Kaliber bezeichnen sollte, bespricht Langhans die Theorie der Walzarbeit, die noch mehr der Aufklärung bedürfe, obschon die Arbeiten von Tresca u. A. vereinzelte Erscheinungen wohl aufgeklärt und namentlich auf das Verhalten verschiedener Schichten eines gewalzten Stückes Licht geworfen hätten.

Die Ovalkaliber bezeichnet Langhans als bezüglich der Streckarbeit besonders und in doppelter Hinsicht interessant — weil ihre Form die Feststellung der Kaliberinhalte erleichtere, und weil sie in Verbindung mit den eingeschalteten Quadratkalibern wohl das Stärkste zu leisten gestatte.

Der Verfasser weist dabei darauf hin, dass, während bei Spitzbogenkalibern Querschnittsabnahmen des Walzstabes von $^1/_7$ bis höchstens $^1/_5$, d. h. von 14—20/$_{00}$ vorkämen, bei Ovalkalibern Abnahmen von 30/$_{00}$ und mehr erzielt würden, indem 25/$_{00}$ ganz gewöhnlich seien.

Daher sind diese Kaliberformen ausserordentlich geeignet, um in Verbindung mit Quadratkalibern die Herstellung von Walzdraht, d. h. sehr schwachem quadratischen oder runden Walzeisen zu ermöglichen.

Man muss hierbei bedenken, dass eine quadratische Drahtluppe von 40—45 mm Durchmesser in 16—18 Kalibern (Stichen) zu Draht von 5 mm gestreckt wird. Der Querschnitt vermindert sich hiernach von etwa 1500—1800 auf ca. 20 qmm, also auf $^1/_{90}$—$^1/_{80}$ seiner anfänglichen Grösse.

Eine Abnahmeskala von einem rheinischen Drahtwalzwerk ergibt nachstehende Verhältnisse:

im 2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14. Stich
26	26	27	28	29	30	30½	29	26	25	22	19	16/$_{00}$

im 15. Stich (Entwickelungskaliber) 14/$_{00}$, im 16. Stich (Fertigkaliber) 12/$_{00}$ des vorhergegangenen Kalibers.

Das bis zum 8. Stich wachsende Abnahmeverhältniss erscheint nicht auffällig, wenn man die stets abnehmende absolute Grösse der Querschnittsverminderung bedenkt, während die noch hohe Temperatur des Eisens das starke Strecken noch gestattet.

Die raschere Verminderung der Abnahme vom 8. Stich an rechtfertigt sich durch die Rücksicht auf das raschere Erkalten des stets dünner werdenden Stabes.

Die starke Wirkung schreibt der Vortragende ganz richtig der Abwechslung eines starken Höhendruckes neben grosser Breitung in den Ovalkalibern und dem rechtwinkelig dagegen gerichteten Höhendruck in den Quadratkalibern zu.

§ 669. Bezüglich der Construktion sowie der Inhaltsberechnung der Kaliber gibt Langhans nachstehende Resultate.

Die Quadratkaliber verzeichnet man so, dass dieselben nicht reine Kaliber, sondern um 1—3^0 verschoben sind, so dass sich in den Scheiteln des Kalibers ein Winkel von 1—3^0 bildet.

Der Einfachheit und der nur geringfügigen Differenz der Inhalte eines solchen und eines rein quadratischen Kalibers halber kann man derartige verdrückte Kaliber als reine Quadrate berechnen, ohne einen grossen oder die Verhältnisse verschiebenden Fehler zu begehen.

Für das dem Quadratkaliber vorhergehende Ovalkaliber ist ausser dem durch die Erfahrung bekannten Abnahmeverhältniss als Constructionsgrundlage auch noch die Höhe gegeben, weil dieselbe der eintretenden Breitung wegen in einem bestimmten Verhältniss zur horizontalen Diagonale des Quadratkalibers stehen muss.

Die hieraus resultirende Aufgabe, einen Kreisabschnitt zu construiren, dessen Inhalt gleich dem halben Kaliberinhalt und dessen Höhe gleich der halben Kaliberhöhe gegeben und bekannt ist, erscheint einfach, ist es aber nicht, solange nicht auch die Breite des Kalibers oder der Bogenradius, bezw. Centriwinkel bekannt ist.

Man hilft sich durch Annahme bestimmter Centriwinkel, die aus der Erfahrung bekannt sind, und gelangt nach den von Langhans gegebenen Entwickelungen zu folgendem Verhältniss.

Wenn $f = \frac{F}{2}$ den Inhalt des Kreisabschnittes gleich dem halben Kaliberquerschnitt und die Höhe des Kreisabschnittes $h = \frac{H}{2}$ gleich der halben Kaliberhöhe bezeichnet, so ist der Kaliberinhalt

$$F = 2f = r_2 \left(\frac{\alpha}{180} \cdot \pi - \sin \alpha \right) \text{ und der Radius}$$

$$r = \sqrt{\frac{F}{\frac{\alpha}{180}\,\pi - \sin \alpha}} \qquad \text{(I)}$$

Durch eine weitere einfache Betrachtung gelangt man für die Berechnung der Kaliberhöhe zu der Formel

$$H = 2\,h = 2\,r\left(1 - \cos\frac{\alpha}{2}\right) \quad \text{(II)}$$

und kann nun aus (I) und (II) durch Einsetzen der für die Streckkaliber üblichen Centriwinkel 75^0, 76^0, 77^0 95^0 sich folgende Tabelle herstellen:

$\alpha =$	$r =$	H (berechnet) $=$
75^0	$\sqrt{\frac{F}{0{,}343}} = 1{,}71\sqrt{F}$	$0{,}70\sqrt{F}$
80^0	$\sqrt{\frac{F}{0{,}411}} = 1{,}56\sqrt{F}$	$0{,}73\sqrt{F}$
85^0	$\sqrt{\frac{F}{0{,}487}} = 1{,}43\sqrt{F}$	$0{,}75\sqrt{F}$
90^0	$\sqrt{\frac{F}{0{,}571}} = 1{,}32\sqrt{F}$	$0{,}77\sqrt{F}$
95^0	$\sqrt{\frac{F}{0{,}662}} = 1{,}23\sqrt{F}$	$0{,}80\sqrt{F}$

Das weitere Verfahren besteht nunmehr nach Langhans darin, das jedesmal gegebene F einzusetzen und dann zu probiren, bis man ein dem gegebenen H entsprechendes r findet, indem man das richtige, gegebene H mit dem berechneten H controllirend vergleicht.

§ 670. Da die Ovalkaliber auch vielfach als Entwickelungs- oder Vorschlichtkaliber für Rundeisen an Stelle von Spitzbogenkalibern gebraucht werden, so sind im Anschluss an das Vorherige einige bezügliche Bemerkungen von Langhans nicht ohne Interesse.

Soll aus dem Fertigkaliber heraus das Vorschlichtkaliber construirt werden, so geht man von einer Inhaltsabnahme von 11—12/₀₀ aus und benutzt einen Centriwinkel von 120^0, wobei der Radius gleich der Kaliberhöhe ist.

Wollte man an Stelle dieser in der Praxis allgemein in Anwendung stehenden und sich bewährt habenden Grundsätze eine geringere Abnahme oder, wie von Tunner es gethan, einen grösseren Centriwinkel, d. h. einen stärker ausgewölbten Kaliberumriss nehmen, so würde im Fertigkaliber wahrscheinlich zu wenig Druck übrigbleiben, um es ganz zu füllen: man würde, praktisch gesprochen, zu wenig Eisen haben.

Ebenso würde das Gegentheil eintreten, wenn eine stärkere Abnahme oder ein kleinerer Centriwinkel, d. h. ein flacheres Vorschlichtkaliber beliebt worden wäre. Man würde leicht zu viel Eisen in das Fertigkaliber bekommen und ausserdem eine Naht am Stab erhalten. Auch könnte leicht trotz guter Führungen ein Umschlagen des Stabes im fertigen Rundkaliber eintreten, und nur eine besondere Geschicklichkeit der Walzmeister und Arbeiter würde die dauernde Herstellung fehlerfreien Rundeisens aus solchen Walzen möglich machen.

Verzeichnung sonstiger Vorstreckkaliber für gewöhnliche Stäbe etc.

§ 671. Ausser den in Spitzbogen- und verwandten Formen gezeichneten Vorstreckkalibern werden im Betrieb besonders der Grobeisenwalzwerke auch noch rektanguläre Kaliber angewandt, mit gleichsinniger, d. h. nicht diagonaler Lage zur Walzlinie.

Diese rechteckige Kaliberform mit der erforderlichen Schrägung oder Kegelgestalt der Seitenflächen hat sich bei grösseren Packeten an Stelle der Spitzbogenkaliber nach und nach eingeführt, weil es sich als nothwendig herausstellte, die aus Flachstäben gebildeten Packete zunächst einmal an den Flachseiten zu verschweissen und einigermaassen zu einem Ganzen zu vereinigen, ehe sie dem schiefen Druck der Spitzbogenkaliber ausgesetzt werden.

Man vermeidet, besonders bei schwieriger schweissendem Eisen, auf diese Weise das Auseinanderfahren der das Packet bildenden Stäbe (Hollenberg a. a. O., S. 48).

Man bezeichnet deshalb diese Kaliber auch speciell als Schweisskaliber, obschon mancher Praktiker in einem gewissen Gegensatz hierzu die ausgezeichnete Wirkung der Spitzbogenkaliber, durch

Zerlegung des Verticaldruckes der Walzen eine Kraftäusserung nach dem Mittelpunkt des Stabquerschnittes und dadurch ein intensives Schweissen hervorzurufen, betont hat.

Wenn man die Streckarbeit und die Verdichtung durch die Spitzbogenkaliber nicht entbehren will, so combinirt man einige Schweisskaliber mit Spitzbogenkalibern auf derselben Walze, eine Combination, von welcher Hollenberg eine ganze Reihe von Beispielen für verschiedene Dimensionen gibt (a. a. O., S. 48 u. ff.).

Die Verzeichnung der Schweisskaliber geht vom Packet aus, dessen Querschnitt bekannt ist, und berücksichtigt beim ersten Durchgang fast nur die energische Zusammenschweissung der Packetlagen. Wenn dieses bewirkt ist, wendet man das Walzstück um 90⁰ und lässt es seitlich zusammendrücken. Nach diesen beiden Durchgängen schon kann man in Spitzbogenkalibern weiter strecken, wenn die Schweissung als gelungen anzusehen ist (Königshütte, O.-S.).

Doch hat man vielfach noch ein drittes Schweisskaliber angeordnet gehabt, um jede etwaige Lockerung bei dem Durchgang im zweiten Kaliber durch einen starken, nochmals auf die Schweissfugen geübten Druck aufzuheben. Das letzte Schweisskaliber wird oftmals zweimal passirt, unter nochmaliger Wendung des Stückes.

Alle diese Kaliber liegen (unter Berücksichtigung eines geringen Oberdruckes) wesentlich symmetrisch zur Walzlinie, sind aber nicht immer gleichmässig auf beiden Walzen eingedreht.

Man machte früher allerdings die trennenden Zwischenringe nahezu gleichgross in beiden Walzen, so dass sich auf den Seiten der Blöcke eine Naht bilden konnte.

Davon ist man neuerdings abgegangen, und es zeigen z. B. alle von Hollenberg vorgeführten Beispiele die Eigenthümlichkeit, dass durch radiale Vergrösserung der Zwischenringe an der unteren und Verkleinerung derselben an der oberen Walze die Kaliber zu ca. $^1/_4$ in der oberen, zu $^3/_4$ in der unteren Walze eingedreht erscheinen.

Die Seitenreibung wird hierdurch wohl verändert, die Konicität der Kaliber hindert indessen einen nachtheiligen Einfluss möglichst. (Vgl. die Skizzen 9 und 10 des Textblattes A.)

§ 672. Bestimmend für die Construktion der Flachkaliber sind nachstehende, der Praxis entnommene Dimensions-Zusammenstellungen. Es folgen hier zunächst die Abmessungen einiger älteren Walzen mit Schweiss- und Streckkalibern, die Kaliber in beiden Walzen, je zur Hälfte eingedreht, also mit nahezu gleichen oder wenig verschiedenen Durchmessern der Zwischenringe.

Eine Vorwalze zu sogenannten Deckplatten für Schienenpackete zeigt nachstehende Maasse in Zoll und Millimeter:

Kaliber-No.	Höhe Zoll	Höhe ca. Millim.	Breite Zoll	Breite ca. Millim.	Habitus	Druck Zoll	Druck ca. Millim.	Breitung Zoll	Breitung ca. Millim.
1	6	158	$7^{11}/_{16}$	202	flach	—	—	—	—
2	$6^5/_8$	173	$6^1/_8$	160	hoch	$1^1/_{16}$	27,5	$^1/_8$	3,3
3	$4^1/_2$	119	7	183	flach	$1^5/_8$	42	$^3/_8$	9,75
4	$5^7/_{16}$	144	$4^3/_4$	124	hoch	$1^9/_{16}$	40,5	$^1/_4$	6,5
5	$3^5/_8$	96,5	$5^3/_4$	150	flach	$1^1/_8$	29	$^5/_{16}$	7,5
6	$5^1/_8$	135	$3^7/_8$	101	hoch	$^5/_8$	16	$^1/_4$	6,5

Walzendurchmesser $16^3/_8$ Zoll = ca. 427 mm oben, $16^1/_4$ Zoll = ca. 420 mm unten, Oberdruck mithin $^1/_8$ Zoll = 3,3 mm in der Walzlinie gemessen, wogegen die Oberdrucke in einzelnen Kalibern beträchtlich abweichen.

Es sind dieselben:

im Kaliber . No.	1	2	3	4	5	6
in Zollen	$^3/_8$	$^7/_{16}$	$^1/_2$	$^1/_2$	$^1/_2$	$^3/_{16}$
in Millimeter . . ca.	9,75	11,5	13	13	13	5

stimmen also nicht allenthalben überein und zeigen ebensowenig ein erkennbares Gesetz von Ab- oder Zunahme.

Eine andere ähnliche Walze zeigt bereits ein stärkeres Versenken des Kaliberprofils in die Unterwalzen, indem der Durchmesser der unteren Zwischenringe bereits $1^1/_4$ Zoll grösser ist als der der oberen Ringe.

Die Druck- und Breitungsverhältnisse ergeben sich aus nachstehender Aufstellung:

Kaliber-No.	Höhe Zoll	Höhe ca. Millim.	Breite Zoll	Breite ca. Millim.	Habitus	Druck Zoll	Druck ca. Millim.	Breitung Zoll	Breitung ca. Millim.
1	$5^{15}/_{16}$	155	$7^3/_4$	303	flach	—	—	—	—
2	6	157	$6^3/_{16}$	162	hoch	$1^3/_4$	45,5	$^1/_4$	6,5
3	$5^1/_8$	135	$6^3/_{16}$	162	flach	$1^1/_{16}$	27,5	$^3/_{16}$	4,5
4	$3^3/_8$	82	$5^5/_{16}$	139	flach	$2^{13}/_{16}$	73	$^3/_{16}$	4,5
5	$2^3/_8$	62	$5^7/_{16}$	143	flach	1	26	$^1/_8$	3,3

Bezüglich der Oberdrucke in den einzelnen Druckflächen ist zu bemerken, dass dieselben sich wie folgt stellen:

im Kaliber . No.	1	2	3	4	5
in Zollen	$^5/_8$	$^1/_2$	$^1/_2$	$^1/_2$	$^1/_2$
in Millimeter. . ca.	15	13	13	13	13

Betreffs der Arbeit muss noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass nur im Uebergang vom ersten zum zweiten, dann vom zweiten zum dritten das Walzstück gewendet zu werden pflegte.

Der starke Druck im vierten Kaliber erscheint bedenklich und gefährlich zugleich und es darf vielleicht die Vermuthung ausgesprochen werden, dass eine Verstellung der Walzen vor dem Uebergang von 3 auf 4 in dem Arbeitsprogramm vorgesehen war.

Die beiden letzten Kaliber sind Entwickelungskaliber und liegen vollständig in der Unterwalze.

§ 673. Eine in Königshütte (Oberschlesien) gleichfalls angewendete Vorwalze für Grobeisen und für 7zöllige Packete schweisste in zwei rechteckigen Kalibern und ging dann zu Spitzbogenkalibern über.

Die Abmessungen und Verhältnisse waren folgende:

Kaliber-No.	Höhe Zoll	Höhe ca. Millim.	Breite Zoll	Breite ca. Millim.	Habitus	Druck Zoll	Druck ca. Millim.	Breitung Zoll	Breitung ca. Millim.
1	$5^3/_8$	140	$7^5/_8$ $7^3/_8$	199,5 193	flach	—	—	—	—
2	$5^3/_8$	140	6 $5^1/_2$	158 143,5	fast quadratisch	2 $2^1/_4$	52 58,5	$^1/_8$—$^5/_8$	3,3—15
3	$7^1/_8$	189,5	$8^3/_4$	229	Spitzbogen	$^5/_8$	15	—	—
4	$6^1/_2$	169,5	$7^1/_2$	196	„	$^3/_8$	9,75	$^3/_8$	9,75
5	6	158	$6^7/_8$	179,5	„	$^3/_8$	9,75	$^5/_8$	15

Da nur die Seiten der Spitzbogenkaliber in dem zu Gebote stehenden Material angegeben waren, sind die Höhen, ferner die Druck- und Breitungsverhältnisse nur als Rechnungs- oder Construktionsresultate anzusehen.

Eine ähnliche Walze für 6zöllige Packete hatte folgende Verhältnisse:

Kaliber-No.	Höhe Zoll	Höhe ca. Millim.	Breite Zoll	Breite ca. Millim.	Habitus
1	$4^5/_8$	121	$6^1/_8$ $6^3/_4$	159,5 176	flach
2	$4^{15}/_{32}$	129	$4^5/_8$ $5^1/_4$	120,5 137	fast quadratisch
3	—	—	$6^3/_4$	176,5	Spitzbogen
4	—	—	$6^1/_8$	160	„
5	—	—	$5^1/_2$	143,5	„
6	—	—	$4^1/_2$	117,5	„
7	—	—	$3^7/_8$	101	„

Hierzu ist zu bemerken, dass die Zollmaasse in den Zeichnungen angegeben waren und dass die Uebertragung in Metermaass einfach durch Ablesen stattgefunden hat. Die im Interesse der Genauigkeit angegebenen Bruchwerthe können ohne erheblichen Schaden für die Genauigkeit abgerundet werden.

Es verdient noch hervorgehoben zu werden, dass diese Walzenspecies, für damals ungewohnt langes Grobeisen angewandt (vergl. die Längeangaben auf Tabelle 13, S. 590), sich nicht besonders vortheilhaft erwies, sondern zu schwach erschien und im Interesse der Haltbarkeit, wie des ununterbrochenen Betriebes durch andere Kalibrirungen ersetzt worden ist, die den Hammer zu Hülfe nehmen mussten. Man machte eben damals aus Bequemlichkeit und Sparsamkeit weit häufiger den Fehler als heute, zu schwache Walzen zu nehmen, um an Ständern zu sparen. Das Flusseisenwalzen hat dieser Zurückhaltung vielfach abgeholfen, obschon es auch unter den Flusseisenwerken manche gibt, welche sich schwer zur Anlage von hinlänglich starken Walzwerken und Maschinen entschliessen können, d. h. solchen, mit denen die ja stets sich steigernden Leistungen möglich sind.

§ 674. Eine, wie schon erwähnt, durchaus verbesserte Bildung der Kaliber zeigten die der Hollenberg'schen Arbeit zugegebenen Zeichnungen, aus denen das Construktions-Beispiel, Skizze 10 des Textblattes A, entnommen und dem einen ungefähr gleichgrossen, älteren Kaliberbild, Skizze 9, gegenübergestellt ist.

Es ist das letzte der Kaliberreihe einer Rundeisenvorwalze, welche Hollenberg Taf. XIII, Fig. 4 abgebildet hat und welche ohne spitzbogige Streckkaliber arbeitet.

Diese Kaliberreihe zeigt nachstehende Maasse und Verhältnisse in Linien:

Kaliber-No.	Breite oben	Breite unten	Höhe	Druck	Breitung	Radien der Abrundungskreise oben	Radien der Abrundungskreise unten	Walzendurchmesser (Druckflächen) oben	Walzendurchmesser (Druckflächen) unten
1	120	117	96	—	—	18	18	157,5	154,5
2	99	96	99	120—99 = 21	96— 99 = 3	18	18	154,5	151,5
3	102	99	81	99—81 = 18	99—102 = 3	18	18	172,5	169,5
4	84	81	84	102—84 = 18	81— 84 = 3	15	15	169,5	166,5
5	87	84	72	84—72 = 12	84— 87 = 3	9	15	181,5	178,5

Der Oberdruck beträgt hiernach 3 Linien, gleich $^1/_4$ Zoll in allen Kalibern und die Verzeichnung derselben lässt sich nach der schematischen Skizze 10 des Textblattes ganz wohl ausführen. Die Drucke sind nicht gleichmässig abnehmend, die Breitungen dagegen dieselben.

Für eine weitere Druckwalze gibt Hollenberg die folgenden Verhältnisse an:

Kaliber-No.	Höhen Linien	Mittlere Breiten Linien	Fläche aus Höhe und Breite Quadratlinien	Verhältnisse der Flächen zu der vorhergehenden	Druck	Breitung
1	66	87,5	5775	—	—	—
2	59,5	74	4103	1,407	28,0	8
3	52,5	64	3360	1,221	21,5	4,5
4	49	57,5	2817	1,193	15,0	5
5	43,5	52	2262	1,245	14,0	3
6	40	46,5	1860	1,216	12,0	3
7	34	43	1462	1,272	12,5	3
8	32	37	1184	1,236	11,0	3
9	28,5	34,5	983	1,203	8,5	2,5
10	25	29	725	1,356	9,5	0,5

Das Mittel aus diesen Verhältnissen ist = 1,261

Die Drucke sowohl als die Breitungen sind in diesem letzten Beispiel besser geordnet als in dem vorhergehenden, und es ist rathsam, die Breitung wenigstens zu Anfang stets grösser zu nehmen, da Unebenheiten der Packetseiten und andere Zufälligkeiten dieses verlangen.

Man erhält einen guten Ueberblick über Drucke und Breitungen durch graphische Aufzeichnungen der Abmessungen auf einer Reihe verticaler Ordinaten (cf. Hollenberg, S. 57).

§ 675. Die bisher besprochenen Vorwalzkaliber sind einer generellen Anwendung fähig und sollen für regelmässige Stäbe von einfacheren Querschnitten vorzugsweise dienen.

Geht man zur Herstellung von complicirteren Querschnittsformen über, z. B. den verschiedenen Construktionseisen, so ist man im Interesse der Arbeit gezwungen, möglichst bald an die Entwickelung der Endform zu denken und die allgemeine Form der Walzkaliber zu verlassen.

Dadurch wird die Scheidung dessen, was im bisherigen Sinn Vorkaliber war, von den Uebergangs- und Fertigkalibern nicht mehr durch die Gestalt des Kaliberprofils bedingt, sondern durch die Lage auf den zur Verfügung stehenden Walzenpaaren.

Man erblickt daher bei den meisten der zur Herstellung complicirterer Profile angewandten Walzwerken neben einer relativ geringen Anzahl von Vorkalibern im seitherig gebrauchten Sinn (also von Kalibern mit mehr oder minder rechteckigem Querschnitt) eine grössere Anzahl von Kalibern, welche den Uebergang von der Blockgestalt des Walzstückes zu den wirklichen Fertigkalibern bilden, in denen sich die Natur des Endprofils bereits deutlicher zu erkennen gibt.

Betrachtet man z. B. die Herstellung des wohl verbreitetsten Profils, der Bahnschiene, so findet man, dass von den 10—12 im Ganzen, je nach Organisation der Arbeit, benöthigten Kalibern nur das erste einen der allgemeinen, eben erläuterten Form der Schweisskaliber entsprechenden Umriss hat.

Gleich das nächste Kaliber wird unregelmässig und bereitet schon die Ausbildung des Fusses, d. h. die Ansammlung von Walzmaterial an dieser Stelle unter verschiedener Berücksichtigung der Ober- und Unterseite vor, und diese allmälige Entwickelung oder Herausarbeitung des Endprofils wird nur unterbrochen durch ein, auch zwei Stauchkaliber, um das Walzstück auch in der Richtung der Mittel-

ebene oder Höhe der Schiene zusammenzudrücken und dadurch bei den nun folgenden Entwickelungen mit der Breitung innerhalb des Maasses der Schienenhöhe zu bleiben.

Ganz analog liegen die Verhältnisse bei den sonst gebräuchlichen zusammengesetzten Profilen, Eisenbahnradreifen = Lang- und Querschwellen, Träger aller Art, Quadrat-, U- und Winkeleisen etc.

Ueberall macht sich das Bestreben bemerklich, möglichst bald aus dem Materialquerschnitt in die Entwickelung des Endprofils überzutreten und dabei natürlich von der anfänglich grösseren Beweglichkeit der Massen den grössten Nutzen zu ziehen und die Füllung derjenigen Theile des Profils zuerst vorzubereiten, welche sich später schlecht oder gar nicht ausbilden lassen.

Im Vorstehenden sind die Gründe für die Vereinigung der Vorwalzkaliber und der Fertigkaliber in der Besprechung der Kalibrirung für sämmtliche zusammengesetztere Profile enthalten und folgt hier nunmehr zuerst die Besprechung der Fertigkaliber für gewöhnliche einfachere Stäbe, nachdem nur mit einem Wort auf eine Brammenvorwalze für Bleche hingewiesen worden ist, welche Hollenberg (a. a. O., S. 61) bringt.

Dieselbe besteht aus geriffelten Walzen mit veränderlicher Einstellung und Abbalancirung der Oberwalze. Ueber die Dimensionen theilt die Quelle mit, dass die Walzen ca. 20 Zoll = 523 mm Bahnlänge und 18 Zoll = ca. 470 mm Durchmesser haben; die Leitungsringe sind 78,5 mm breit.

Die Entfernung der Rillenscheitel oder Rillentiefen voneinander beträgt ca. 34 mm, der Unterschied in den Durchmessern beider 10 mm.

Die Blechbrammen sollen in der Aufeinanderfolge der Durchgänge jedesmal oder oftmals um 90^0 horizontal gedreht durchgehen und es wird diesem Verfahren zugeschrieben, dass die Oberfläche der fertigen Bleche weniger leicht schiefert und zähe ist.

Verzeichnung der Fertigkaliber für gewöhnliche Stäbe einfacher Form.

§ 676. Die gewöhnliche gewalzte Eisenwaare wird in verschiedenen Profilen dargestellt:

als Flacheisen, sobald das Profil ein Rechteck mit zwei grösseren und zwei kleineren Dimensionen hat;

als Quadrat- und Rundeisen, wenn der Querschnitt ein Quadrat oder ein Kreis ist;

als Sechs-, Achtkant- etc. Eisen, wenn die Querschnitte regelmässige Polygone darstellen.

Die beiden ersten Klassen von Fabrikaten sind am häufigsten Gegenstände der Herstellung, während das andere Fabrikat zurücksteht.

Da sich in der Flacheisenwalzerei, wie schon bei der Besprechung der Walzenwirkung überhaupt, dann des Luppenwalzens sowie der Schweisskaliber angedeutet, die Gegensätze von Druck und Breitung am einfachsten und klarsten aussprechen, so wird hiermit zu beginnen sein.

Verzeichnung der Flacheisenkaliber.

§ 677. Der auf der Vorwalze mit Spitzbogen-, eventuell auch mit Schweisskalibern vorgestreckte Stab von rundlich quadratischem Querschnitt kann nunmehr in der Flacheisenwalze mit wenig Durchgängen und unter Anwendung vereinzelter Kunstgriffe in einen Flachstab von scharfen Kanten verwandelt werden.

Die Kaliber der Flacheisenwalze werden so construirt, dass möglichst viele Dimensionen damit gewalzt werden können*), wobei natürlich ein genaues Abnahmeverhältniss nicht durchzuführen ist. Dasselbe ist auch in einer Reihe zusammengehöriger Kaliber verschieden; es kann im ersten Kaliber, in welches der Stab von der Vorwalze her gelangt, die Abnahme $^1/_3$ sein, während es in den folgenden Kalibern nicht vortheilhaft ist, $^1/_8$ zu überschreiten.

Man behandelt im Allgemeinen die meisten flachen Kaliber als Fertigkaliber und gibt nur den ersten einen unten ausgerundeten Umriss, da sich hier doch noch keine scharfen Kanten bilden können. Dadurch lassen sich bei verschiedener Einstellung der Walze sehr verschiedene Dickendimensionen bilden, während die Breiten beschränkt bleiben.

Es wird nur so viel an Breite zugegeben, dass der Stab gut in das Kaliber eingeführt werden kann. Daelen gibt für diese Breitenzunahme bei Grobeisen bis $^1/_{12}$ Zoll (2,174 mm), bei Feineisen dagegen bis $^1/_{32}$ Zoll (0,8 mm).

Wegen der Anforderung des Handels, die einzelnen Breitenabstufungen in verschiedenen Stärken zu walzen, sieht man nach Hollenberg in vielen Fällen von der Breitung ganz ab und nimmt immer eine ganze Reihe Fertigkaliber von gleicher Breite.

*) Daelen (a. a. O., S. 6) bemerkt, dass man eigentlich nur zu den gangbarsten Sorten von Flacheisen (auch zu Platinen und Brammen, also Rohstäben, Deckschienen etc.) kalibrirte Walzen anfertigen sollte, da man jede Dimension mittelst des Universalwalzwerkes und der Staffelwalze herstellen könne. Er gibt aber gleich anschliessend zu, dass ersteres vorzüglich zur Fabrikation von Grobeisen bis zu Dimensionen, die bereits zu den Blechen, ihrer Breite wegen, gezählt werden könnten, diene, und dass die Staffelwalze nur zu Feineisen geeignet sei, wobei eine Quadrateisenwalze als Vorwalze sich vortheilhaft erweise.

In allen Fällen, wo durch verschiedene Einstellung der beiden Walzen noch eine grosse Anzahl Zwischendimensionen erzielt werden, muss natürlich ein sehr genaues Ineinandergreifen der beiden Walzen stattfinden und ein Nacharbeiten ist in Bezug auf die Breitendimensionen unstatthaft. Die veränderliche Stellung der Walzen findet übrigens durch den Umstand eine Begrenzung, dass bei zu tief ineinandergreifenden Ringen jeder Zapfenbruch, jede Zerstörung der sogenannten Brechtöpfe oder Brechkasten etc. leicht auch eine Zerstörung der Reifen nach sich zieht.

§ 678. Wie der letzte Satz andeutet, bildet man auf beiden Walzen die Flacheisenkaliber dadurch, dass man dieselben seitlich durch vertical zur Axe in die untere Walze eingeschnittene Reifen begrenzt, zwischen welche alsdann Reifen oder Ringe von Kaliberbreite eingreifen, welche auf der Oberwalze hergestellt sind.

Bei den Kalibern selbst greift die Oberwalze in die Unterwalze ein, bei den Zwischenringen, welche die Kaliber trennen, ist es umgekehrt. Dieselben erscheinen auf der Unterwalze erhaben und greifen immer mit einem geringen Spiel in entsprechende Furchen der Oberwalze ein.

Dadurch wird die Substanz bei der Oberwalze in den Zwischenringen am meisten geschwächt, während die schwächsten Stellen der Unterwalze in den Kalibern liegen.

Dieser Umstand ist bei der Anlage kräftiger Walzwerke für grosses und langes Flacheisen zu beachten und wird besonders beim Uebergehen zum Walzen dichterer Eisensorten wichtig.

Da bei dieser Kaliberbildung die etwaige Bartbildung nur an den während der Walzarbeit an der Oberseite liegenden Kanten stattfinden kann und diese etwaigen Bärte sich als verticale Lamellen ausbilden, muss dem Entstehen derselben thunlichst gesteuert werden. Dies geschieht durch Wenden der Stäbe um 180^0 nach jedem Durchgang, wodurch ganz geringfügige Bärte oder Nähte zurückgedrückt werden können, vor Allem aber dadurch, dass man in den als Vorkaliber bezeichneten Umbildungs- oder Ueberführungskalibern (aus der Gestalt des letzten Spitzbogenprofils in die rektanguläre der Flachkaliberreihe) die Winkel der Druckfläche der Unterwalze mit den Seiten der Zwischenringe bricht.

Dadurch entstehen auf der Unterseite des die Walze verlassenden Stabes abgestumpfte Kanten, welche nach erfolgter Drehung um 180^0 beim Eintreten in das nächste Kaliber viel weniger geneigt sein können, als Bärte auszutreten, als wenn an ihrer Stelle sich rechtwinkelige, die beiden oberen Ecken des Kaliberprofils sofort ausfüllende Kanten befunden hätten. Mit zunehmender Steifigkeit des Materials wird die Wahrscheinlichkeit der Bartbildung geringer und man braucht die Unterkanten nicht mehr zu runden.

Indem man zwischendurch Glättwalzen oder Glättkaliber benutzt und den Stab überdies das Fertigkaliber zweimal in entgegengesetzter Stellung passiren lässt, vernichtet man jede spätere geringfügigere Bartbildung und sorgt am besten für die Entstehung von vollkommen rechtwinkeligen Kanten.

Die eben erwähnten Polirkaliber oder Polirwalzen dienen vorzüglich zur Ausbildung der Flachseiten des Stabes und werden durchgängig bei allen Abmessungen angewandt, wo die Breite bedeutend über die Dicke überwiegt, z. B. bei allen Bandeisensorten.

Für die letzteren wendet man wohl ausschliesslich besondere Polirwalzen an, welche jede Einstellung gestatten, während man beim Glätten von eigentlichem Flacheisen vielfach einen besonderen cylindrischen Theil auf der Mitte der Walzen reservirt, welcher ein sehr breites Flachkaliber (8—10 Zoll = 130—160 mm) von einem etwas, d. h. um ein Geringes grösseren Durchmesser als die Fertigspuren hat.

Da die besonderen Polirwalzen als Schleifwalzen construirt werden, d. h. als solche, bei denen die obere Walze lose mitgenommen wird, ist man an den durch die Walzenkuppelungen, Krauselwalzen, wenigstens annähernd vorgeschriebenen Durchmesser nicht gebunden und kann sich den Vortheil zunutze machen, den ein grösserer Durchmesser dadurch gewährt, dass das Eisen gleichmässiger in der Stärke und Glätte wird (Hollenberg).

Diese Polirvorrichtungen geben die besten Oberflächen, wenn sie mit Wasser gekühlt werden.

Luppenflachkaliber.

§ 679. Ehe die das Vorstehende erläuternden Beispiele zur Aufzählung gelangen, ist noch Einiges speciell über die bei Luppenwalzwerken üblichen Flachkaliberconstruktionen zu bemerken.

Dieselben sind früher in genau gleicher Weise construirt worden wie die Flachkaliber und lieferten gewöhnlich drei verschiedene Breiten von Rohschienen (2, 3, 4 Zoll) bei $^3/_4 - 1^1/_2$ Zoll Dicke.

Die in den Spitzbogenkalibern der Vorwalze gestreckten Stäbe wurden, sobald ihre Seitendimension kleiner geworden war als die Breite des ersten Flachkalibers der betreffenden, zu passirenden Reihe, zunächst in ein wesentlich als Umbildungskaliber anzusehendes Kaliber gesteckt und in einen Stab mit rechteckigem Querschnitt verwandelt, der dann unter abnehmendem Druck und Breitung in zwei bis vier Durchgängen seine Endgestalt erreichte.

Diese Kaliber waren in solcher Weise auf den Walzenkörpern vertheilt, dass man die Reihen für die breiteren Stäbe an beiden Enden mit den Vorkalibern nach aussen legte und die Mitte der Walze für die meist wenigen Kaliber der schmalsten Stabform aufsparte. Dadurch wurde die Sicherheit der Walze am wenigsten bedroht, ohne gleichwohl dem Betrieb durch Unübersichtlichkeit Nachtheile zu bringen.

In neuerer Zeit hat sich die Gestaltung der Flachkaliber für Luppenwalzen insofern ausserordentlich erweitert gehabt, als einestheils das Endkaliber sich zwischen $^5/_8$ und 1 Zoll Dicke bewegte, während die Breiten zwischen 2 und 7 Zoll schwankten, da man die früher durch besondere Schweissarbeit hergestellten breiten Platten (Deck- und Fussplatten für Packete etc.) nunmehr billiger aus schweren Luppen herstellte, und als man anderntheils bestrebt war, durch Benutzung von Triowalzwerken die Spitzbogenkaliber zu vermindern, bezw. sie ganz zu beseitigen.

Dadurch verwandelten sich die Umbildungskaliber in Streckkaliber, wie es die früher besprochenen Schweisskaliber waren.

Mit diesen eingreifenden Aenderungen gingen auch allerlei andere Hand in Hand, die sich auf Verbesserungen in der Kaliberform bezogen.

Während z. B. die ältesten Walzen nur in dem Umbildungskaliber eine der Flacheisenkaliberconstruktion entsprechende Abstumpfung der unteren Kanten zeigten, ging man mehr und mehr zur Gestalt des Paralleltrapezes als geeignetste Form des Luppenkalibers über.

Diese an die Schweisskaliber erinnernde Form war gewählt, um jedes Einklemmen des Eisens in die Unterwalze zu verhüten, was bei dem Luppeneisen seines geringeren Grades von Schweissung wegen sowie, weil noch eine Menge Schlackentheilchen den Zusammenhang unterbrechen, besonders nothwendig ist.

Nach Hollenberg, dem hier gefolgt ist (a. a. O., S. 25), beträgt die Verengung auf 2 Zoll Höhe gewöhnlich 4 Linien, also $^1/_6$ der Höhe; die hieraus sich construirende Neigung kann für alle Kaliber beibehalten werden.

Die Eckenausrundung, welche im letzten Fall nach einem Radius von $^3/_4$ Zoll erfolgte, kann noch mehr betragen und erweist sich als nothwendig, weil das Luppeneisen sich sehr gern in die Zwischenräume drückt, um Grate zu bilden.

Dreht man den trapezoïdalen Stab nach dem ersten Durchgang um 90°, so liegen die gerundeten Seiten nach oben und der Druck muss sehr stark sein, wenn sich noch Grate bilden sollen, denn zu der Wirkung des neuen Kalibers tritt noch die Konicität des vorhergehenden.

Oft vernachlässigt man die Konicität im Kaliber und beschränkt sie auf die Zwischenringe, wobei alsdann aber eine stärkere Rundung am Boden des Kalibers gegeben werden muss.

§ 680. Auch eine stufenartige Behandlung der Oberwalze ist hier noch als Neuerung zu erwähnen, welche Hollenberg beschreibt und abbildet.

Sie besteht darin, dass die Kaliber vollständig in der Unterwalze, aber so eingedreht liegen, dass die Zwischenringe mit der Kaliberhöhe abschneiden, und dass die Fläche der Oberwalze ganz glatt über Kaliber und Zwischenringe hinweggeht und solcher Art das Kaliber schliesst.

Im nächsten Kaliber liegt dieser Schluss natürlich tiefer (um circa den halben Druck) und daher ist im Zwischenring der Unterwalze eine Abstufung nothwendig, welche einer Abstufung in der Oberwalze entspricht.

Hollenberg schreibt dieser Einrichtung mehrere Vortheile, unter Anderem den zu, dass die Bartbildung, wenn sie wirklich bei den Rohschienen gelegentlich nicht zu vermeiden wäre, das Packetirgeschäft nicht stören würde, da die Bärte oder Grate sich seitlich, nicht nach oben richteten und in Folge dessen die genaue Aufeinanderlage der Packetglieder nicht zu hindern vermöchten.

Daneben biete das Giessen und Abdrehen solcher abgestufter Walzen viel weniger Arbeit und Materialverlust als das der Walzen mit hohen Zwischenringen oder tiefen Gegenfurchen.

Das Abstufen geschieht am besten von Kaliber zu Kaliber, weil dadurch der Oberdruck am wenigsten gestört wird. Vereinzelte Construkteure haben wohl mehrere Kaliber mit derselben glatten Fläche geschlossen, doch ist es dann nöthig, die Unregelmässigkeit im Oberdruck genügend auszugleichen.

Die Stellung derartiger Walzen gibt Hollenberg auf $^1/_2$ — 1 Linie an, räth aber an, sie lieber ganz aufeinander rollen zu lassen. Da sich alsdann leicht ein Absprengen der Kaliberkante in der Unterwalze zeigt, wenn sich der sehr harte Walzsinter dazwischenlegt, oder auch in Folge ungleicher Erwärmung, so gibt man diesen Kanten eine ganz kleine Abrundung mit etwa $^1/_8$ Zoll Radius.

Als weiteren Vortheil solcher Walzen ohne hohe Zwischenringe führt Hollenberg noch die Ungefährlichkeit eines Laufzapfenbruches an. Bei solchen Fällen kantet die Walze um den noch festen zweiten Laufzapfen und es ist alsdann ein Brechen der Zwischenringe schwer zu vermeiden, welches ausgeschlossen ist, sobald die Walzen sich führen wie bei der staffelförmigen Anordnung der Druckflächen.

Da ein Laufzapfen an eine vorhandene Bruchfläche weit leichter anzuschweissen ist als ein Zwischenring, so ist auch die Bedenklichkeit eines Unfalls nach der Seite der Wiederherstellung eine geringere.

Bezüglich der allgemeinen Kaliberverhältnisse der Luppenwalzen nach Druck und Breitung ist nochmals zu wiederholen, dass dieselben anfänglich starke Drucke haben, die sich allmälig abmindern. Hinsichtlich der Breitung verfährt man ähnlich, doch minder bedenklich als bei den Flachkalibern für Handelswaare.

Man findet unter den folgenden Beispielen verschiedene Fälle, wo abwechselnd gebreitet und nicht gebreitet wird. Bei Triowalzen, wo dieselbe Breite über zwei Kaliber hinwegreicht, ist der Wegfall der Breitung bei dem zweiten der passirten Kaliber ganz unvermeidlich. Breitet man nicht, sondern hält man die Breitung durch die Seitenwände des Kalibers ganz oder theilweise auf, so wird man naturgemäss eher zur Bildung von Graten Veranlassung geben.

§ 681. Die speciellen Verhältnisse werden sich aus der nachstehenden Zusammenstellung am ehesten übersehen lassen, welche alte und neue Beispiele enthält.

I. Oberschlesische Luppenwalze (Königshütte)

für 4 Zoll, 3 Zoll, 2 Zoll breite Schienen (etwa 104,5, 78,5, 52,5 mm*) von 1,5 Zoll = 39 mm Dicke.

Kaliber-No.	Höhe		Breite		Druck		Breitung	
	Zoll	Millim.	Zoll	Millim.	Zoll	Millim.	Zoll	Millim.
1	$2^{9}/_{16}$	67	$3^{11}/_{16}$	96,5	—	—	—	—
2	$2^{1}/_{16}$	54	$3^{13}/_{16}$	99,5	$^{5}/_{16}$	13	$^{2}/_{16}$	3,5
3	$1^{7}/_{16}$	37,5	$3^{15}/_{16}$	103	$^{5}/_{8}$	16,5	$^{2}/_{16}$	3,5
4	$1^{7}/_{16}$	37,5	$1^{15}/_{16}$	51	$^{4}/_{16}$	6,5	$^{2}/_{16}$	3,5
5	$1^{11}/_{16}$	44,5	$1^{13}/_{16}$	47,5	—	—	—	—
6	$1^{7}/_{16}$	38	$2^{15}/_{16}$	77	$^{5}/_{16}$	8	$^{2}/_{16}$	3,5
7	$1^{3}/_{4}$	46	$2^{13}/_{16}$	73,5	$^{7}/_{16}$	11,5	$^{2}/_{16}$	3,5
8	$2^{3}/_{16}$	57,5	$2^{11}/_{16}$	70,5	—	—	—	—

Die Kaliber folgen sich wie auf der Walze; 1—3 beziehen sich auf die Herstellung von 4zölligem Eisen (welches aber aus praktischen Gründen nur auf $3^{15}/_{16}$ Zoll ausgewalzt wurde), 4 und 5 auf die Herstellung von 2zölligem Eisen, 6—8 auf die des 3zölligen Eisens.

Von diesen Kalibern sind 1, 5 und 8 als Uebergangs- oder Umbildungskaliber in den unteren Kanten abgerundet.

Der Druck der Oberwalze beträgt gleichmässig $^{1}/_{8}$ Zoll = ca. 3,5 mm und die Kaliber liegen vollkommen symmetrisch auf der hiernach festbestimmten Walzlinie. (Eigene Aufnahmen.)

II. Oberschlesische Luppenwalze (Königshütte)

für 4 Zoll, 3 Zoll, 2 Zoll breite Schienen (etwa 104,5, 78,5, 52,5 mm) von 1 Zoll = ca. 26 mm Dicke.

Kaliber-No.	Höhe		Breite		Druck		Breitung	
	Zoll	Millim.	Zoll	Millim.	Zoll	Millim.	Zoll	Millim.
1	2	52,5	$3^{3}/_{4}$	98	—	—	—	—
2	$1^{1}/_{2}$	39,5	$3^{7}/_{8}$	101,5	$^{1}/_{2}$	13,5	$^{1}/_{8}$	3,5
3	1	26	4	104,5	$^{1}/_{2}$	13,5	$^{1}/_{8}$	3,5
4	1	26	2	52,5	$^{3}/_{8}$	10	$^{1}/_{8}$	3,5
5	$1^{3}/_{8}$	42,5	$1^{7}/_{8}$	49	—	—	—	—
6	1	26	3	78,5	$^{5}/_{16}$	8	$^{1}/_{8}$	3,5
7	$1^{5}/_{16}$	34	$2^{7}/_{8}$	75,5	$^{7}/_{16}$	11,5	$^{1}/_{8}$	3,5
8	$1^{3}/_{4}$	46	$2^{3}/_{4}$	72	—	—	—	—

Auch hierbei ist die gleiche Reihenfolge eingehalten wie im vorigen Beispiel, und es gehören 1, 2, 3 zur 4zölligen Rohschiene, 4, 5 zur 2zölligen, 6, 7, 8 zur 3zölligen.

Die Kaliber 1, 5, 8 als erste Kaliber der drei Serien sind ebenfalls unterhalb mit gebrochenen Kanten versehen.

*) Die bei eigenen Aufnahmen durchweg ausgeführte Umsetzung der Abmessungen von Zollen (Rheinland) auf Metermaass geschah durch möglichst genaues Ablesen.

III. Französische Construktionen nach Flachat, Barrault und Petiet.

Tafellänge der Walzen 1,40 m, oberer Durchmesser 480 mm, unterer 477 mm, Laufzapfendurchmesser 300 mm.

	Höhe Millimeter	Breite Millimeter	Druck Millimeter	Breitung Millimeter
1. Ueberführungskaliber . .	32	52	—	—
2. Fertigkaliber	20	54	12	2
3. Ueberführungskaliber . .	46	76	—	—
4. „ . .	30	79	16	3
5. Fertigkaliber	20	81	10	2
6. Ueberführungskaliber . .	46	118	—	—
7. „ . .	30	122	16	4
8. Fertigkaliber	20	125	10	3

Während diese Walze normale Verhältnisse zeigt, findet man bei einer von Leblanc und Walter de St. Ange mitgetheilten, als Luppenwalze angegebenen Construktion die untenstehenden Maassverhältnisse, welche, von einem Oval- oder Zängkaliber von 114 $\times$ 78 mm Breite und Höhe ausgehend, ungewöhnliche Verjüngungen zeigen.*)

IV. Luppenwalze mit vier Spitzbogen- und vier Flachkalibern (Hollenberg, S. 27, No. 1).

	Höhe Zoll	Breite Zoll	Druck Zoll	Breitung Zoll
5. Kaliber	$2\frac{1}{4}$	$3\frac{3}{8}$	—	—
6. „	$1\frac{5}{8}$	$3\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{1}{8}$
7. „	$1\frac{1}{8}$	$3\frac{5}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{8}$
8. „	$\frac{3}{8}$	$3\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{8}$

Die Kaliber sind um $\frac{1}{8}$ Zoll konisch und mit $\frac{5}{8}$ Zoll Radius abgerundet; die Anordnung der Zwischenringe ist nach dem Staffelsystem geschehen.

V. Luppenwalze mit vier Spitzbogen- und fünf Flachkalibern (Hollenberg, S. 27, No. 2)

	Höhe Zoll	Breite Zoll	Druck Zoll	Breitung Zoll
5. Kaliber	$2\frac{1}{8}$	$3\frac{3}{8}$	—	—
6. „	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{8}$
7. „	$1\frac{5}{8}$	$2\frac{5}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{1}{8}$
8. „	$1\frac{1}{8}$	$2\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{8}$
9. „	$\frac{3}{4}$	$2\frac{7}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{8}$

Hierbei ist zu bemerken, dass beim Uebergang von 5 auf 6 der Stab hochkantig gewendet wird, so dass eben der Druck $= 3\frac{3}{8} - 2\frac{1}{2} = \frac{7}{8}$, die Breitung $= 2\frac{1}{2} - 2\frac{1}{8}$ Zoll herauskommt.

VI. Luppenwalze zu 5zölligen Eisen (Hollenberg, S. 27, No. 4).

	Höhe		Breite		Druck		Breitung	
	Zoll	Lin.	Zoll	Lin.	Zoll	Lin.	Zoll	Lin.
1. Flachkaliber	3	—	$4\frac{3}{4}$	—	—	—	—	—
2. „	2	—	$4\frac{7}{8}$	—	1	—	$\frac{1}{8}$	—
3. „	1	3	5	—	$\frac{3}{4}$	—	$\frac{1}{8}$	—
4. „	—	9	5	$\frac{5}{6}$	$\frac{1}{2}$	—	—	$\frac{5}{6}$

*) Auf das als Zängkaliber bezeichnete Ovalkaliber folgen acht Spitzbogenkaliber von 87—27 mm Breite und 68—24 mm Höhe, gezeichnet mit der Breite als Halbmesser der Seiten. Daran schliessen sich nachstehende Flachkaliber:

	Höhe	Breite	Druck	Breitung
1. Vorbereitungskaliber	18 mm	39 mm	—	—
2. „	12 „	41 „	—	—
3. Fertigkaliber	9 „	42 „	—	—
4. Vorbereitungskaliber	15 „	25 „	—	—
5. „	10 „	26 „	—	—
6. Fertigkaliber	4 „	27 „	—	—

Es sind so kleine Kaliber, dass man auf eine ganz besondere Fabrikation schliessen muss, welche Dimensionen, wie das sogenannte Schlossereisen, liefert. Dies Beispiel wird hier nur mit Vorbehalt gegeben.

VII. Luppenwalze zu 6zölligen Eisen (Hollenberg, S. 27, No. 3).

	Höhe Zoll	Höhe Lin.	Breite Zoll	Breite Lin.	Druck Zoll	Druck Lin.	Breitung Zoll	Breitung Lin.
1. Flachkaliber	3	—	$5\frac{3}{4}$	—	—	—	—	—
2. „	2	—	$5\frac{7}{8}$	—	1	—	$\frac{1}{8}$	—
3. „	1	2	6	—	—	10	$\frac{1}{8}$	—
4. „	—	8	6	1	—	6	—	1

VIII. Luppenwalze zu 7zölligen Eisen (Hollenberg, S. 28, No. 7).

	Höhe Zoll	Höhe Lin.	Breite Zoll	Breite Lin.	Druck Zoll	Druck Lin.	Breitung Zoll	Breitung Lin.
1. Flachkaliber	$3\frac{3}{4}$	—	6	6	—	—	—	—
2. „	3	—	6	7	$\frac{3}{4}$	—	—	1
3. „	$2\frac{3}{8}$	—	6	8	$\frac{5}{8}$	—	—	1
4. „	$1\frac{7}{8}$	—	6	10	$\frac{1}{2}$	—	—	2
5. „	$1\frac{3}{8}$	—	6	$11\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	—	—	$1\frac{1}{2}$
6. „	1	—	7	$1\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	—	—	2

Diese Walze bildet insofern eine Ausnahme unter den von Hollenberg citirten Beispielen, als bei ihr die Drucke abnehmen, die Breitungen aber eine unregelmässige Zunahme zeigen.

IX. Luppenkaliber zu 2zölligen Eisen (belgisches Werk).

	Höhe Millimeter	Breite Millimeter	Druck Millimeter	Breitung Millimeter
1. Kaliber	48	49	—	—
2. „	36	51	12	3
3. „	30	53	6	2

Die Kaliber 1 und 2 sind unten gerundet.

§ 682. Wenn die von Hollenberg u. A. angegebenen Luppenwalzen, auf denen sich Streckkaliber und Vollendungskaliber befinden, schon zur Vereinfachung des Processes durch Wegfall eines Walzenpaares beigetragen haben, so ist dies noch viel mehr der Fall, wenn ein Triowalzwerk angewendet wird. Die Kalibrirungen werden dann etwas anders, besonders wenn man die Spitzbogenkaliber ganz unterdrückt und die ersten Flachkaliber ähnlich wie die früher erwähnten Schweisskaliber anordnen muss. — Eine solche Folge zeigt ein sehr gut arbeitendes Luppenwalzwerk der Hörder Hütte, welches weiter unten abgebildet werden soll und in Wien 1873 ausgestellt worden war (vgl. Dürre, Wiener Bericht, Taf. 10 (XXIV).

Die Abmessungen der Kaliber finden sich wie folgt zusammengestellt:

	Obere Reihe.		Untere Reihe.				
	Höhe Zoll	Breite Zoll	Höhe Zoll	Breite Zoll	Uebergang Zoll	Druck Zoll	Breitung Zoll
1.	—	—	$3\frac{5}{8}$	$4\frac{13}{16}$	—	—	—
2.	$2\frac{5}{8}$	$4\frac{13}{16}$	—	—	1—2	1	0
3.	—	—	$1\frac{7}{8}$	$4\frac{15}{16}$	2—3	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{16}$
4.	$1\frac{1}{4}$	$4\frac{15}{16}$	—	—	3—4	$\frac{5}{8}$	0
5. Fertigkaliber .	—	—	$\frac{10}{12}$	5	4—5	ca. $\frac{3}{8}$	$\frac{1}{16}$
6.	blind	—	—	—	—	—	—
7.	—	—	$3\frac{5}{8}$	$3\frac{13}{16}$	—	—	—
8.	$2\frac{5}{8}$	$3\frac{13}{16}$	$1\frac{7}{8}$	—	7—8	1	0
9.	—	—	—	$3\frac{15}{16}$	8—9	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{16}$
10.	$1\frac{1}{4}$	$3\frac{15}{16}$	—	—	9—10	$\frac{5}{8}$	0
11. Fertigkaliber .	—	—	$\frac{10}{12}$	4	10—11	ca. $\frac{3}{8}$	$\frac{1}{16}$
12.	blind	—	—	—	—	—	—
13.	—	—	$3\frac{5}{8}$	$2\frac{13}{16}$	—	—	—
14.	$2\frac{5}{8}$	$2\frac{13}{16}$	—	—	13—14	1	0
15.	—	—	$1\frac{7}{8}$	$2\frac{15}{16}$	14—15	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{16}$
16.	$1\frac{1}{4}$	$2\frac{15}{16}$	—	—	15—16	$\frac{5}{8}$	0
17.	—	—	$\frac{10}{12}$	3	16—17	ca. $\frac{3}{8}$	$\frac{1}{16}$
18.	blind	—	—	—	—	—	—

Die vom Dampfhammer auf bezw. 4 Zoll, 3 Zoll, $2^3/_4$ Zoll Quadrat etwa gebrachten Kolben durchwandern jedesmal fünf Kaliber unter abnehmenden Druck- und Breitungsverhältnissen, welche Ab- oder Zunahmen aber für alle Reihen gleiche sind. Die Drucke sind jedesmal 1, $^3/_4$, $^5/_8$, $^3/_8$ Zoll, die Breitungen, welche naturgemäss bei untereinanderliegenden Kalibern wegfallen, sind, wenn vorhanden, zuerst $^2/_{16}$, dann $^1/_{16}$. Die Kaliberzwischenringe haben konische Seiten bis an die Kaliberkante, so dass ein guter Schluss der Kaliber trotz wiederholten Nachdrehens möglich ist.

Verzeichnung der Fertigkaliber für Flacheisen.

§ 683. Da die Grundsätze für die Construktion der Flacheisenkaliber früher bereits entwickelt wurden, erübrigt hier nur noch die Mittheilung einzelner bewährter Beispiele für gewöhnliche andere Stabformen.

Die Schriftsteller über Walzenkalibriren haben zahlreiche Beispiele hierfür gegeben; besonders findet sich in der Preisschrift von Hollenberg eine ganze Reihe verschiedener Angaben, aus denen derselbe zum Theil durch graphische Aufzeichnungen von Druck und Breitung Schlüsse zieht.

I. Schlesische Stabeisenwalze für $1^1/_2$ Zoll, 3 Zoll und $3^1/_2$ Zoll.

	Höhe Zoll	Breite Zoll	Druck Zoll	Breitung Zoll
1. Vorkaliber	2	$3^3/_8$	—	—
2. „	$1^5/_{16}$	$3^7/_{16}$	$^{11}/_{16}$	$^1/_{16}$
3. „	$^7/_8$	$3^1/_2$	$^7/_{16}$	$^1/_{16}$
4. Fertigkaliber	$^1/_2$	$3^9/_{16}$	$^3/_8$	$^1/_{16}$
5. „	$^1/_4$	$1^9/_{16}$	$^1/_4$	$^1/_{16}$
6. Vorkaliber	$^1/_2$	$1^1/_2$	$^3/_8$	$^1/_{16}$
7. „	$^7/_8$	$1^7/_{16}$	—	—
8. Fertigkaliber	$^1/_2$	$3^1/_{16}$	$^5/_{16}$	$^1/_{16}$
9. Vorkaliber	$1^3/_{16}$	3	$^7/_{16}$	$^1/_{16}$
10. „	$1^1/_4$	$2^{15}/_{16}$	$^{10}/_{16}$	$^1/_{16}$
11. „	$1^7/_8$	$2^7/_8$	—	—

II. Schlesische Stabeisenwalze für $2^1/_2$ Zoll, $1^1/_4$ Zoll und $2^3/_8$ Zoll.

	Höhe Zoll	Breite Zoll	Druck Zoll	Breitung Zoll
1. Vorkaliber	$1^1/_8$	$2^5/_{16}$	—	—
2. „	$^3/_4$	$2^{13}/_{32}$	$^3/_8$	$^3/_{32}$
3. „	$^1/_2$	$2^{15}/_{32}$	$^1/_4$	$^2/_{32}$
4. Fertigkaliber	$^5/_{16}$	$2^7/_{32}$	$^3/_{10}$	$^2/_{32}$
5. Vorkaliber	$^{15}/_{16}$	$1^7/_{32}$	—	—
6. „	$^1/_2$	$1^9/_{32}$	$^7/_{16}$	$^2/_{32}$
7. Fertigkaliber	$^5/_{16}$	$1^5/_{16}$	$^3/_{16}$	$^1/_{32}$
8. „	$^5/_{16}$	$2^7/_{32}$	$^3/_{16}$	$^2/_{32}$
9. Vorkaliber	$^1/_2$	$2^5/_{32}$	$^7/_{16}$	$^1/_{32}$
10. „	$^{15}/_{16}$	$2^4/_{32}$	—	—

Diese Walze kann man als besonders geschickt kalibrirt nicht ansehen.

III. Schlesische Walze für Breiteisen (Deckschienen von 7 Zoll).

	Höhe Zoll	Breite Zoll	Druck Zoll	Breitung Zoll
1. Vorkaliber	$3^1/_4$	$6^{31}/_{32}$	—	—
2. „	$2^3/_{16}$	$7^1/_{32}$	$1^1/_{16}$	$^1/_{16}$
3. „	$1^1/_2$	$7^3/_{32}$	$^{11}/_{16}$	$^1/_{16}$
4. „	1	$7^1/_8$	$^8/_{16}$	$^1/_{32}$
5. Fertigkaliber	$^3/_4$	$7^5/_{32}$	$^4/_{16}$	$^1/_{32}$

IV. Schlesische Bandeisenwalze (Triowalzwerk).

	Höhe Zoll	Breite Zoll	Druck Zoll	Breitung Zoll
1. Fertigkaliber	7/16	1 1/16	—	—
2. „	4/16	1 9/32	3/16	1/32
3. Vorkaliber	1/8	1 5/16	1/8	1/32
4. „	1/8	15/16	3/16	1/16
5. Fertigkaliber	5/16	14/16	—	—
6. Vorkaliber	1/8	15/16	3/16	1/16
7. Fertigkaliber	5/16	14/16	—	—
8. Vorkaliber	1/8	11/16	3/16	1/16
9. Fertigkaliber	5/16	10/16	—	—
10. „	1/8	13/16	3/16	1/16
11. Vorkaliber	5/16	12/16	—	—
12. Fertigkaliber	1/8	15/16	3/16	1/16
13. Vorkaliber	5/16	14/16	—	—
14. Fertigkaliber	1/8	1 1/16	3/16	1/16
15. Vorkaliber	5/16	1	—	—
16. Fertigkaliber	1/8	1 3/16	2/16	1/16
17. Vorkaliber	4/16	1 1/8	3/16	1/16
18. „	7/16	1 1/16	—	—

Wie aus der Zusammenstellung hervorgeht, findet bei 3 Stichen für eine Dimension (Kaliber 1—3 und 16—18) eine Druckabnahme (3/16 auf 2/16) statt, während die Breitung nur im ersten Fall abnimmt (1/16 auf 1/32); sonst beträgt sie immer 1/16 und der Druck 3/16.

V. Flacheisenwalze für 1 1/2 Zoll, 1 3/4 Zoll, 1 7/8 Zoll (Hollenberg, S. 65, No. 7).

		Höhe Zoll	Breite Zoll	Druck Zoll	Breitung Zoll
1.	1 1/2zölliges Eisen . .	1 1/4	1 1/2	—	—
2.		1	1 1/2	1/4	0
3.		11/16	1 1/2	5/16	0
4.		1/2	1 1/2	3/16	0
5.		5/16	1 1/2	3/16	0
6.	1 3/4zölliges Eisen . .	1 1/2	1 3/4	—	—
7.		1	1 3/4	1/2	0
8.		11/16	1 3/4	5/16	0
9.		1/2	1 3/4	3/16	0
10.		5/16	1 3/4	3/16	0
11.	1 7/8zölliges Eisen . .	1 3/4	2 1/4	—	—
12.		1 1/2	1 7/8	1/4	3/8 (Kopfspur)
13.		1	1 7/8	1/2	0
14.		11/16	1 7/8	5/16	0
15.		1/2	1 7/8	3/16	0
16.		5/16	1 7/8	3/16	0

VI. Flacheisenwalze für 2 Zoll und 2 1/2 Zoll (Hollenberg, S. 66, No. 8).

		Höhe Zoll	Breite Zoll	Druck Zoll	Breitung Zoll
1.	2 zölliges Eisen. . .	1 5/8	2	—	—
2.		1 1/8	2	1/2	0
3.		3/4	2	3/8	0
4.		1/2	2	1/4	0
5.		5/16	2	3/16	0
6.	2 1/2zölliges Eisen . .	2 1/8	2 1/2	—	—
7.		1 1/4	2 1/2	7/8	0
8.		3/4	2 1/2	1/2	—
9.		1/2	2 1/2	1/4	—
10.		5/16	2 1/2	3/16	—
11.		1/4	10	Polirkaliber	—

VII. Flacheisenwalze für $2^1/_4$ Zoll und 3 Zoll (Hollenberg, S. 66, No. 9).

		Höhe Zoll	Breite Zoll	Druck Zoll	Breitung Zoll
1.	$2^1/_4$zölliges Eisen	$1^5/_8$	$2^1/_4$	—	—
2.		$1^1/_8$	$2^1/_4$	$^1/_2$	0
3.		$^3/_4$	$2^1/_4$	$^3/_8$	—
4.		$^1/_2$	$2^1/_4$	$^1/_4$	—
5.		$^5/_{16}$	$2^1/_4$	$^3/_{16}$	—
6.	3zölliges Eisen	2	3	—	—
7.		$1^1/_4$	3	$^3/_4$	0
8.		$^3/_4$	3	$^1/_2$	—
9.		$^1/_2$	3	$^1/_4$	—
10.		$^5/_{16}$	3	$^3/_{16}$	—
11.		$^1/_4$	3	$^1/_{16}$	—

VIII. Flacheisenwalze für 4 Zoll (Nageleisen; Hollenberg, S. 67, No. 12).

	Höhe Zoll	Höhe Lin.	Breite Zoll	Breite Lin.	Druck Zoll	Druck Lin.	Breitung Zoll	Breitung Lin.
1.	2	$^3/_4$	3	10	—	—	—	—
2.	1	3	3	11	—	$9^3/_4$	—	1
3.	—	$7^3/_4$	4	$^3/_4$	—	$7^1/_4$	—	$1^3/_4$
4.	—	4	4	$1^1/_2$	—	$3^3/_4$	—	$^3/_4$
5.	—	1	4	2	—	3	—	$^1/_2$

IX. Flacheisen von 5 Zoll und 6 Zoll (Hollenberg, S. 68, No. 13).

		Höhe Linien	Breite Linien	Druck Linien	Breitung Linien
1.	6zölliges Eisen	36	69	—	—
2.		24	$70^1/_2$	12	$1^1/_2$
3.		15	$71^1/_2$	9	1
4.		9	72	6	$^1/_2$
5.	5zölliges Eisen	36	57	—	—
6.		24	$58^1/_2$	12	$1^1/_2$
7.		15	60	9	$1^1/_2$
8.		9	60	6	0

X. Flacheisen von 7 Zoll (Hollenberg, S. 68, No. 15).

	Höhe Linien	Breite Linien	Druck Linien	Breitung Linien
1.	42	$74^1/_4$	—	—
2.	30	78	12	$3^3/_4$
3.	$22^1/_2$	80	$7^1/_2$	2
4.	$16^1/_2$	$81^1/_2$	6	$1^1/_2$
5.	12	$83^1/_4$	$4^1/_2$	$1^3/_4$
6.	9	84	3	$^3/_4$

Die übrigen, sich auf stärkeres Flacheisen beziehenden Beispiele Hollenberg's ergeben wesentlich dasselbe Abnahmeverhältniss und sind daher fortgelassen worden. Es folgen nur noch einige Bandeisenkalibrirungen schmalster und breitester Art.

XI. Bandeisenwalze für $1^1/_8$ Zoll, 1 Zoll, $^7/_8$ Zoll, $^3/_4$ Zoll, $^5/_8$ Zoll Breite.

		Höhe Zoll	Breite Zoll	Druck Zoll	Breitung Zoll
1.	$1^1/_8$zölliges Eisen	$^9/_{16}$	$1^1/_{16}$	—	—
2.		$^5/_{16}$	$1^1/_8$	$^1/_4$	$^1/_{16}$
3.		$^1/_8$	$1^5/_{32}$	$^3/_{16}$	$^1/_{32}$
4.	1zölliges Eisen	$^1/_2$	$^{15}/_{16}$	—	—
5.		$^9/_{32}$	1	$^7/_{32}$	$^1/_{16}$
6.		$^1/_8$	$1^1/_{32}$	$^5/_{32}$	$^1/_{32}$
7.	$^7/_8$zölliges Eisen	$^7/_{16}$	$^{13}/_{16}$	—	—
8.		$^1/_4$	$^7/_8$	$^3/_{16}$	$^1/_{16}$
9.		$^1/_8$	$^{29}/_{32}$	$^1/_8$	$^1/_{32}$
10.	$^3/_4$zölliges Eisen	$^3/_8$	$^{11}/_{16}$	—	—
11.		$^1/_4$	$^3/_4$	$^1/_8$	$^1/_{16}$
12.		$^1/_8$	$^{25}/_{32}$	$^1/_8$	$^1/_{32}$
13.	$^5/_8$zölliges Eisen	$^5/_{16}$	$^9/_{16}$	—	—
14.		$^3/_{16}$	$^5/_8$	$^1/_8$	$^1/_{16}$
15.		$^1/_8$	$^4/_{32}$	$^1/_8$	$^1/_{32}$

XII. Bandeisenwalze für $2^1/_4$ Zoll und $2^3/_8$ Zoll Breite.

	Höhe Zoll	Breite Zoll	Druck Zoll	Breitung Zoll
1.	1	$2^1/_{32}$	—	—
2.	$^9/_{16}$	$2^1/_8$	$^7/_{16}$	$^3/_{32}$
3.	$^9/_{32}$	$2^3/_{16}$	$^9/_{32}$	$^1/_{16}$
4.	$^1/_8$	$2^1/_4$	$^5/_{32}$	$^1/_{16}$
5.	$^1/_2$	$2^7/_{32}$	—	—
6.	$^1/_4$	$2^5/_{16}$	$^1/_4$	$^3/_{32}$
7.	$^1/_8$	$2^3/_8$	$^1/_8$	$^1/_{16}$
8.	$^1/_{16}$	Polirwalze	$^1/_{16}$	—

§ 684. Vorstehende Beispiele gewähren einen genügenden Anhalt, um auch für andere Breiten bis zur gewöhnlichen Grenze von 7 Zoll die Kaliberverhältnisse zu finden. Man darf nur die geeignete Interpolation anwenden, um die richtigen Verhältnisse zu finden.

Die Breitung wird im Allgemeinen nach dem Ende hin schwächer, wie in grosser Regelmässigkeit einzelne Beispiele zeigen. Zum Theil ist aber die Bewegung keine stetige, vielleicht mehr zufällig, und schwankt etwas, oder es ist eine constante Grösse. Manchmal fällt alle Breitung fort und namentlich zu dem Zweck, um auf einem Walzenpaar eine grössere Menge Stärkedimensionen von derselben Breite zu haben.

Hollenberg empfiehlt aber hierzu die Reifen konisch abzudrehen, wodurch der Stab in den konischen Theil der Spur zunächst eingeführt wird und die konischen Flächen das Material nach innen halten. Ausserdem bietet die Einrichtung einen Schutz gegen Bruch beim Kanten und gewährt die Möglichkeit, beim Abdrehen wieder ein genaues Schliessen zu erzielen.

Eine von Hollenberg vorgenommene graphische Darstellung ergibt ziemlich ähnliche oder gleiche Abnahmen, wobei zu bemerken ist, dass durch Stellung der Walze die Abscissenaxe um die Grösse der Stellung herauf- oder herunterrücken würde.

Flacheisenherstellung unter Universalwalzen.

§ 685. Das Walzen von Flacheisen lässt sich auch ohne Kaliber, nur durch Benutzung bestimmter Combinationen von glatten Walzen, ausführen, welche dann das Hauptelement eines sogenannten Universalwalzwerkes darstellen. Legt man vor oder hinter ein Paar horizontal gelagerter Walzen ein Paar stehender Walzen, die im Verhältniss zu den Horizontalwalzen so eingestellt sind, dass sie die Breitung eben begrenzen und dem Stab glatte und gerade Seiten geben, so hat man ein Universalwalzwerk für Flachstäbe.

Beschränkte, vorwiegend zur Herstellung einiger Façoneisen (Doppel-T-Eisen, Kreuzeisen etc.) gebrauchte Universalwalzwerke erhält man, wenn die Axen der zwei Systeme in eine Ebene fallen,

wobei die Horizontalwalzen kürzer werden und zu Scheiben zusammenschrumpfen, um die Verticalwalzen hinlänglich nahe zusammenkommen zu lassen.

Für den guten Gang der Universalwalzen ist naturgemäss das Verhältniss der Geschwindigkeiten beider Walzenpaare sehr wichtig und es ist dasselbe am besten praktisch zu bestimmen. Hollenberg führt (a. a. O., S. 71) nachstehende Hauptgesichtspunkte darüber an.

Da aus der Betrachtung der Walzenwirkung im Allgemeinen sich ein Voreilen des austretenden Stabendes gegenüber der Peripheriegeschwindigkeit der Walzen ergibt, so müssen die Verticalwalzen, sobald sie hinter den horizontalen Walzen liegen, eine etwas grössere Umfangsgeschwindigkeit haben als die letzteren. Berücksichtigt man diese Vorschrift nicht, so stauchen und biegen sich die Stäbe.

Um ganz sicher zu gehen, nimmt man die Vergrösserung der Geschwindigkeit oft bis zu $5/_{00}$ von derjenigen der Horizontalwalzen. Geht man darin aber zu weit, so entsteht, da die Verticalwalzen nur wenig drücken, eine Zugwirkung, welche gleich dem Produkt aus Reibungscoefficienten und Druck sein muss. Da diese Grössen aber unbedeutend sind, so ist auch die Zugwirkung nicht bedenklich und kann man sich in jedem Fall durch Friktionsscheiben helfen, welche bei manchem Universalwalzwerk auf den Verticalwalzen sitzen.

Stehen die letzteren aber vor den Horizontalwalzen, so sind die Friktionsscheiben noch nothwendiger und nützlicher. Es verhält sich nämlich die Geschwindigkeit der Voranbewegung eines aus der Walze austretenden Stabendes zu der des eintretenden umgekehrt wie die Querschnitte und nahezu umgekehrt wie die Dicken der beiden Enden.

Aendert sich, wie immer, der Druck in den einzelnen Durchgängen, so ändert sich auch dieses Geschwindigkeitsverhältniss und es sind Zahnräder deshalb nicht anwendbar, sondern Friktionsscheiben. Zugleich stellt man die Friktionskuppelungen nicht stärker an, als zum Fassen und Einführen des Stabes in die Horizontalwalzen nothwendig ist. Dagegen erhalten die verticalen Walzen oft eine bedeutend geringere Geschwindigkeit als die horizontalen und zwar noch unter dem oben angegebenen Verhältniss der Querschnitte, und man überlässt es damit den horizontalen Walzen, den Stab nach Bedürfniss zwischen sich zu ziehen.

Das Voranstehen der Verticalwalzen wirkt auch günstig auf die Stabform, deren Flachseiten besser ausgebildet werden, wenn die Horizontalwalzen alle durch die Verticalwalzen geschehenen Aufkrempelungen der Ränder abplatten und abflachen.

Flacheisenherstellung unter Staffelwalzwerken.

§ 686. Eine andere Art, Flacheisen ohne das Vorhandensein von Kalibern zu walzen, wird mittelst der Staffelwalzen ausgeführt.

Die Staffelwalzen oder Stufenwalzen sind Walzen von cylindrischer Gestalt, aber mit von einem Zapfen zum anderen hin gleichmässig abnehmenden Durchmessern. Sie liegen gewöhnlich zu dreien in einem Gerüst und dienen vorwiegend zur Herstellung feinerer Flacheisensorten, wobei der Stab unter den Staffeln von grösserem Durchmesser etliche Male in flacher Lage die Walzen passirt und hin und wieder hochkantig durchgelassen wird. Da die Stäbe in den letzteren Fällen leicht kanten oder umschlagen, müssen die betreffenden Durchgangsstellen mit sorgfältig gearbeiteten, der Walzenrundung sich anpassenden Leitungen versehen werden. Zur Erzielung einer grösseren Mannigfaltigkeit in den Stärkedimensionen muss eine bequeme und rasch arbeitende Stellvorrichtung, z. B. die Anbringung von Stellkeilen unter den Lagern, vorhanden sein.

Hollenberg (a. a. O., S. 72) theilt zunächst ein auf Staffelwalzen hergestelltes Sortiment von Querschnitten mit, welches er in einem Fabrikationsbericht der betreffenden Hütte gefunden hatte, und gibt dann nachstehende Beispiele in Zollabmessungen, nach denen sich die Staffeln ganz leicht aufzeichnen lassen.

1. Staffelwalzentrio für ganz feines Eisen.

Staffelbreiten	$4^3/_4$	$1^3/_4$	$1^3/_4$	$1^3/_4$	$1^3/_4$	$1^3/_4$	$1^3/_4$	$1^3/_4$	Zoll
Zugehörige Durchmesser	8	$7^{15}/_{16}$	$7^7/_8$	$7^{13}/_{16}$	$7^3/_4$	$7^{11}/_{16}$	$7^5/_8$	$7^9/_{16}$	Zoll.

Diese Durchmesser beziehen sich auf die mittlere Walze; für die oberste Walze sind $^1/_8$ Zoll zuzugeben, für die unterste Walze dagegen $^1/_8$ Zoll weniger zu nehmen. Neben der letzten Staffel von $7^9/_{16}$ Zoll Durchmesser befindet sich noch ein Ring zur besseren Anstellung von bezw. 8, $8^1/_8$ und $7^7/_8$ Zoll Durchmesser und 1 Zoll Breite. Die Walzentafel oder Walzenbahn hat 18 Zoll Länge, der Laufzapfen 5 Zoll Durchmesser.

2. Staffelwalzentrio für stärkeres Eisen.

Staffelbreiten	10 1/2	5 1/4	3 3/4	3 1/4	2 1/4	2 1/4	3 3/4	3/4 Zoll
Zugehörige Durchmesser	10 1/4	10	9 5/8	9 1/4	9	8 3/4	8 1/2	10 1/4 Zoll.

Ober- und Unterwalze haben bezw. 1/8 Zoll mehr, 1/8 Zoll weniger Durchmesser als angegeben. Die ganze Walzenbahnlänge beträgt 30 Zoll und der Laufzapfen hat 5 1/4 Zoll Durchmesser, 5 1/4 Zoll Länge.

3. Staffelwalzenpaar für schweres Eisen von 56 Zoll Bahnlänge.

Staffelbreiten	1	4	4	4	4	4	4 1/4	4 1/4	4 1/4	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2 Zoll*)
Durchmesser in der Oberwalze	18 1/8	15	15 1/2	15 7/8	16 1/4	16 1/2	16 3/4	17	17 1/4	17 1/2	17 3/4	17 7/8	18	18 1/8 Zoll
Zwischenraum der Einstellung	3/8	3 1/2	3	2 5/8	2 1/4	2	1 3/4	1 1/2	1 1/4	1	3/4	5/8	1/2	3/8 Zoll
Durchmesser in der Unterwalze	17 5/8	14 1/2	15	15 3/8	15 3/4	16	16 1/4	16 1/2	16 3/4	17	17 1/4	17 3/8	17 1/2	17 3/8 Zoll

Da die Staffelwalzen wesentlich cylindrische Flächen haben, lassen sie sich aus hartem Eisen, dem sogenannten Hartguss (III. Buch, § 48, S. 31), herstellen. Ob besondere Coquillen dazu vorhanden sind, wird nicht angegeben.

Verzeichnung der Walzen für quadratisches Eisen.

§ 687. Die Kaliber für Quadrateisen sind sämmtlich als Fertigkaliber construirt und zeigen eine durch die Handelsverhältnisse bestimmte Reihenfolge abnehmender Querschnitte. Meist correspondiren sie mit den Dimensionen der Vorwalze in etwas, bezw. wird die letztere in ihren Abmessungen der Skala der Quadratkaliber genähert, obschon die Vorwalzenkaliber in ihrer Folge von der geometrischen Verzeichnung abhängig sind.

Die Construktion der Quadratkaliber lehnte sich früher an die bei der Verzeichnung der Spitzbogenkaliber beobachteten Regeln an und geschah unter Anwendung gewisser Druckverhältnisse.

Im Folgenden sind zwei Beispiele für Kolbeneisen aus Frischherden gegeben, welches bei Steinkohlen zu fertiger Waare weiter verarbeitet wurde (Fiscalische Rybniker Werke, jetzt Mamroth & Co.).

Es ist zu bemerken, dass die Kolben in sauber abgeschmiedetem Zustand von den Frischhütten abgeliefert wurden, und dass in Folge dessen auf den betreffenden Walzen Vor- und Fertigkaliber nebeneinander lagen.

I. Beispiel: Stabeisenwalzen der Elisenhütte zu Paruschowitz.**)

	Höhe	Breite	Druck	Seitenmaass des Fertigstabes
	Zoll	Zoll	Zoll	Zoll
1. Vorkaliber, spitzbogig . . .	4,25	4,88	—	—
2. „ „ . . .	3,75	4,25	1,13	—
3. „ „ . . .	3,35	3,75	0,90	—
4. Fertigkaliber, quadratisch . .	3	3,35	0,75	2
5. „ „ . .	2,7	3	0,75	1 3/4
6. „ „ . .	2,4	2,7	0,65	1 5/8
7. „ „ . .	2,1	2,4	0,60	1 1/2
8. „ „ . .	1,84	2,1	0,60	1 1/4
9. „ „ . .	1,62	1,84	0,56	1 1/8
10. „ „ . .	1,43	1,62	0,48	1
11. „ „ . .	1,25	1,43	0,41	7/8
12. „ „ . .	1,08	1,25	0,37	3/4
13. „ „ . .	0,92	1,08	0,33	5/8
14. „ „ . .	0,78	0,92	0,30	9/16
15. „ „ . .	0,66	0,78	0,26	1/2
16. „ „ . .	0,55	0,66	0,23	3/4

Die Werthe für die Seitengrössen sind unter Anrechnung eines gewissen Schwindmaasses gegriffen und beziehen sich auf den kalten Stab; die Kaliberseiten sind etwas grösser.

*) Bei Hollenberg sind im Beispiel 3 an zwei Stellen die Staffelbreiten ausgelassen; da rechts und links davon gleiche Staffelbreiten waren, war anzunehmen, dass die fehlende Breite denselben entsprach, und es sind die Angaben in diesem Sinn vervollständigt worden.

**) Die Maasse waren alle auf der Walzenzeichnung eingetragen, nur die Seitenmaasse nicht. Um der alten Maassskala zu entsprechen, sind dieselben auch in rheinischen Zollen ausgemessen.

II. Beispiel: Stabeisenwalzen der Elisenhütte zu Paruschowitz.*)

	Höhe	Breite	Druck	Seitenmaass des Fertigstabes
	Zoll	Zoll	Zoll	Zoll
1. Vorkaliber, spitzbogig . . .	4,25	4,88	—	—
2. „ „ . . .	3,62	4,25	1,26	3
3. „ „ . . .	3,20	3,68	1,05	$2\frac{5}{8}$
4. Fertigkaliber, quadratisch . .	3,19	3,68	0,49	$2\frac{1}{4}$
5. „ „ . .	2,78	3,20	1,00	$1\frac{7}{8}$
6. „ „ . .	2,41	2,78	0,79	$1\frac{5}{8}$
7. „ „ . .	2,10	2,41	0,68	$1\frac{3}{8}$
8. „ „ . .	1,82	2,10	0,59	$1\frac{1}{4}$
9. „ „ . .	1,57	1,82	0,53	$1\frac{1}{8}$
10. „ „ . .	1,38	1,57	0,44	$\frac{7}{8}$
11. „ „ . .	1,18	1,38	0,39	$\frac{3}{4}$
12. „ „ . .	1,01	1,18	0,37	$\frac{5}{8}$
13. „ „ . .	0,86	1,01	0,32	$\frac{9}{16}$
14. „ „ . .	0,78	0,86	0,23	$\frac{1}{2}$
15. „ „ . .	0,62	0,74	0,24	$\frac{3}{8}$
16. „ „ . .	0,52	0,62	0,22	$\frac{1}{16}$

Diese beiden Walzen enthalten stark verdrückte Quadratkaliber, denn die Höhe beträgt nur 86—87/$_{00}$ der Breite (genau $^{13}/_{15}$ oder 86,6666); die Verzeichnung geschieht in der Weise, dass man auf der Walzlinie die Verticaldiagonale eines Quadrats von gewünschter Seitenlänge aufträgt und diese Diagonale zunächst jederseits um etwa $^{1}/_{16}$ Zoll verlängert, welches Maass die halbe Walzenstellung repräsentirt. Die nunmehr gefundene ganze Diagonale theilt man in 13 gleiche Theile und trägt nun auf der Walzlinie links und rechts von der Verticaldiagonale $7\frac{1}{2}$ dieser Theile auf. Man erhält nunmehr einen Rhombus mit dem Diagonalenverhältniss 13 : 15 zwischen Höhe und Breite und construirt nunmehr in ganz ähnlicher Weise weiter wie bei den Spitzbogenverzeichnungen. Man ist allerdings genöthigt, im Fall Seitengrössen sich ergeben, welche nicht mit den Dimensionen marktgängiger Waare übereinstimmen, die Kalibrirung etwas umzugestalten.

§ 688. Diese Art der Kaliberverzeichnung gestattet zwar eine gewisse Streckung auch in der Fertigwalze, liefert aber leicht Stäbe von anscheinend quadratischem, thatsächlich jedoch achtseitigem Querschnitt, da stumpfe Kanten sich auf den Flächen bilden und die Ecken stets grösser als ein Rechter sind, in dem vorliegenden Fall z. B. über 97°. Vielleicht liess man das Quadrateisen nach erfolgtem Durchgang durch das Fertigkaliber noch zweimal durch ein Polirkaliber oder ein Polirwalzenpaar laufen.

III. Beispiel: Quadratkaliber für Feineisen (oberschl. Trio für Kolbenverarbeitung zu Paruschowitz).

	Höhe	Breite	Druck		Seite der Stäbe	
	Millim.	Millim.	Millim.		Millim.	Zoll
1. Vorkaliber, spitzbogig . . .	58	66	—	Seitenradius = Breite	45	—
2. „ „ . . .	50	57	16		38	—
3. „ „ . . .	42	50	15		32	—
4. Fertigkaliber, quadratisch . .	37	42	13		28	$\frac{9}{8}$
5. „ „ . .	33	38	9		25	$\frac{15}{16}$
6. „ „ . .	29	32	9		22	$\frac{13}{16}$
7. „ „ . .	24,5	28,5	7,5		19	$\frac{3}{4}$
8. „ „ . .	21	25	7,5		16	$\frac{5}{8}$
9. „ „ . .	18,5	21	6,5		14	$\frac{9}{16}$
10. „ „ . .	17	19	4		13	$\frac{1}{2}$
11. „ „ . .	15	17,5	4		11	$\frac{7}{16}$
12. „ „ . .	13	15	4,5		10	$\frac{3}{8}$
13. „ „ . .	11	13,5	4		9	$\frac{5}{16}$
14. Wiederholung von 13. . . .	10	11	3,5		9	$\frac{5}{16}$
16. Fertigkaliber, quadratisch . .	9	10	2		7	$\frac{5}{4}$
17. „ „ . .	8	9	2		6	$\frac{7}{32}$
18. „ „ . .	6,5	8,5	2,5		5	$\frac{3}{16}$
19. Wiederholung von 18. . . .	6,5	8,5	2		5	$\frac{3}{16}$

*) Siehe Anmerkung vom I. Beispiel.

Diese Kalibrirung, welche jahrelang sehr gut funktionirte, zeigt für $^5/_{16}$ und $^3/_{16}$ Zoll starkes Eisen je eine Kaliberwiederholung zur besseren Gestaltung. Die Maasse sind auf der Zeichnung abgemessen, da nur die Breiten eingeschrieben waren.

§ 689. Berechnet man in der vorhergehenden Kalibrirung das Verhältniss zwischen Höhe und Breite, so findet man, dass die Höhe ungefähr $87/_{00}$ von der Breite ist. Das Verhältniss nähert sich also sehr dem in den Beispielen I und II, obschon es eine Kleinigkeit minder ungünstig ist.

Bei der folgenden Walze, die aus der letzten Zeit des staatlichen Betriebes von Rybnik stammt, hat man die Verhältnisse bereits geändert und nähert sich dieselbe den besseren Verhältnissen.

IV. Beispiel: Quadratkaliber für Feineisen (oberschl. Trio für Kolbenverarbeitung zu Paruschowitz).

(Maasse in Zollen und Zolltheilen.)

	Höhe Zoll	Breite Zoll	Druck Zoll	Seite der Stäbe Zoll
1. Vorkaliber, spitzbogig . . .	2,030	2,298	—	—
2. „ „ . . .	1,8	1,99	0,498	—
3. „ „ . . .	1,611	1,767	0,379	—
4. „ „ . . .	1,450	1,591	0,317	—
5. Fertigkaliber, quadratisch . .	1,289	1,414	0,302	1
6. „ „ . .	1,112	1,237	—	$^7/_8$
7. „ „ . .	0,978	1,060	—	$^3/_4$
8. „ „ . .	0,885	0,972	—	$^{11}/_{16}$
9. „ „ . .	0,810	0,884	—	$^5/_8$
10. „ „ . .	0,73	0,794	—	$^9/_{16}$
11. „ „ . .	0,677	0,733	—	$^1/_2$
12. Wiederholung von 11. . . .	0,677	0,677	—	$^1/_2$
13. Fertigkaliber, quadratisch . .	0,57	0,63	—	$^7/_{16}$
14. „ „ . .	0,51	0,55	—	$^3/_8$
15. Wiederholung von 14. . . .	0,5	0,50	—	$^3/_8$
16. Fertigkaliber, quadratisch . .	0,42	0,46	—	$^5/_{16}$
17. „ „ . .	0,36	0,39	—	$^9/_{32}$
18. „ „ . .	0,383	0,35	—	$^1/_4$
19. Wiederholung von 18. . . .	0,323	0,333	—	$^1/_4$

Die ersten 10 Kaliber sollten zuerst für sich allein auf eine Walze kommen, und später entschloss man sich, noch 9 Kaliber anzufügen und die ganze Anzahl auf einer grösseren Walze unterzubringen.

Aus den Kalibern berechnet sich für die geradlinigen Profile ein Verhältniss der Höhe zur Breite von 91 zu 100; der Scheitelwinkel hat auch bereits abgenommen.

Ein Strecken in dem Sinne, dass die Höhe eines Kalibers = oder < der Breite des folgenden ist, kommt nicht vor; man hat es vielmehr eigentlich nur mit unzusammenhängenden Fertigkalibern zu thun, nur für $^1/_2$—$^3/_8$- und $^1/_4$zöllige Stäbe sind Wiederholungskaliber vorhanden.

V. Beispiel: Quadratkaliber für starkes Rundeisen (oberschles. Puddelwerk).

(Dieselben finden sich auf einer Walze neben ebensoviel Rundeisenkalibern eingedreht.)

	Höhe Millim.	Breite Millim.	Druck Millim.	Seite der Stäbe Millim.	Zoll
1. Quadratkaliber	108	112	—	78	3
2. „	101	108	11	73	$2^3/_4$
3. „	93	105	15	68	$2^1/_2$
4. „	88	93	17	63	$2^3/_8$
5. „	81	84	12	58	$2^1/_4$

Bei dieser Construktion ist zu bemerken, dass die Scheitelwinkel der diagonal gestellten, in die Walze eingeschnittenen Kaliber sämmtlich = 93° sind, und dass die obigen Maasse durch Nachmessungen an den Drehchablonen gewonnen worden sind.

§ 690. Zwei gute Verzeichnungen von Quadratkalibern gibt Hollenberg (a. a. O., S. 75), nachdem er die Nothwendigkeit, die Scheitelwinkel der diagonal in die Walzlinie gelegten Kaliber grösser als die Seitenwinkel, also auch grösser als 90°, zu machen, nur als eine oberste Grenze angesehen und die geringe Bedeutung der Schwindungseinflüsse betont hat.

Die beiden Verzeichnungen sind in Skizze 11 des beifolgenden Textblattes A wiedergegeben, wo links von der Verticalaxe die eine, rechts davon die andere Construktion dargestellt ist.

Für beide beschreibt man mittelst des eingeschriebenen (oder umschriebenen) Kreises das genaue Kaliberquadrat, theilt die verticale Diagonale desselben in acht gleiche Theile und legt durch die beiden dem Walzmittel zunächstliegenden Theilpunkte Parallelen zur Walzenmittellinie.

An den Stellen, wo diese Parallelen die Kaliberseite schneiden, construirt man Normale auf diese Kaliberseiten und trägt darauf den Radius des eingeschriebenen Kreises ab. Man erhält so den Mittelpunkt für den Abrundungskreis der Kaliberecke und es bleibt zwischen beiden Walzen ein gewisses Spiel.

Die andere Verzeichnung ersetzt die Abrundung durch eine Abschrägung, welche ebenfalls vom Durchschnittspunkt der in 1/8 Diagonale Abstand vom Walzmittel gelegten Parallelen und der Kaliberseite ausgeht. Man findet dieselben Anfangspunkte auch durch Theilung der Quadratseite in vier Theile und durch Errichten von Normalen zur Walzlinie im ersten und nächstliegenden dieser Theilpunkte.

Man trägt auf der Walzlinie vom Durchschnittspunkt der Normalen aus die Grösse 1/4 Kaliberseite ab und verbindet, unter Berücksichtigung des Spiels, den gefundenen Punkt mit dem Anfangspunkt durch die geraden Abschrägungslinien.

Die von Hollenberg gegebenen Beispiele S. 76 und Tafel XVI, Fig. 1—6, zeigen die verschiedensten Constructionen, vier ganz quadratisch und zwei mit Streckkalibern.

Die Kaliberreihen sind unter Anderem für die letzteren:

Höhe	1 5/16	1 1/8	15/16	13/16	11/16	5/8	Zoll	(Fig. 6)
Breite	1 1/2	1 5/16	1 1/8	15/16	13/16	11/16	Zoll	
Druck	—	3/8	3/8	5/16	4/16	3/16	Zoll	
Höhe	8 3/4	7 3/4	6	5 3/4	4 3/4	3 3/4	Linien	(Fig. 3)
Breite	11 1/4	10 1/4	9	7 1/4	6 1/2	5	Linien	
Druck	—	3 1/2	4 1/4	3 1/4	2 1/2	2 3/4	Linien	

Vollkommen quadratische Kaliber zeigen folgende Reihen:

4 1/2 4 1/4 4 3 3/4 3 1/2 3 1/4 3 2 7/8 2 3/4 Zoll (Fig. 1)

und 2 7/8 2 3/4 2 5/8 2 1/2 2 3/8 2 1/4 2 1/8 2 1 7/8 1 3/4 1 5/8 1 1/2 1 3/8 1 1/4 1 3/16 Zoll (Fig. 2).

§ 691. Eine gute und genaue Kalibrirung zeigen noch die beiden auf einem nach belgischem Muster errichteten rheinischen Walzwerk in Thätigkeit befindlich gewesenen Walzen.

1. Schwere Quadrateisenwalzen, 19 Zoll Durchmesser, 72 1/2 Zoll Länge, für Eisen von 96—138 mm Seite (Eschweiler).

	Höhe Millim.	Breite Millim.	Druck Millim.	Kaliberseite Millim.
1. Fertigkaliber	200	204	—	140
2. „	193	197	—	135
3. „	185	189	—	130
4. „	179	182	—	125
5. „	172	174	—	120
6. „	165	167	—	115
7. „	158	160	—	110
8. „	152	154	—	106
9. „	146 1/2	148	—	102
10. „	140	141 1/2	—	98

Die Stabmaasse sind nicht angegeben, die Kaliber sind in beiden Scheiteln vollkommen rechtwinkelig und haben in der Breite die angedeutete Vergrösserung von 4 bis herab zu 1 1/2 mm erfahren. Die hierdurch bewirkte Zuschärfung erstreckt sich auf den Kaliberseiten bis ungefähr 1/7 der Seitenabmessung.

Zwischen den Kalibern sind Stege von 10 mm Breite reservirt, in welche aber die Zuschärfung hineinragt, während das rein quadratische Grundkaliber damit abschneidet. Die hier nach Zeichnungen in Naturgrösse sorgfältig gemessenen Höhen erhalten 2 mm Walzenstellung eingeschlossen, was zu beachten ist.

2. Quadrateisenwalzen, 19 Zoll Durchmesser, 73 Zoll Länge, für Eisen von 55—97 mm Seite (Eschweiler).

	Höhe Millim.	Breite Millim.	Druck Millim.	Kaliberseite Millim.
1. Fertigkaliber	140	140	—	98
2. „	135	135	—	95
3. „	130	131	—	92
4. „	125	126	—	89
5. „	121,5	122	—	86
6. „	117,5	117,5	—	83
7. „	113,5	113	—	80
8. „	109	109	—	77
9. „	105	105	—	74
10. „	100	100	—	71
11. „	96,5	96,5	—	68
12. „	92	92	—	65
13. „	87,5	87,5	—	62
14. „	83,5	84	—	59
15. „	80	80	—	56

Die Kaliber sind quadratisch, von geradlinigem Umriss. In den Höhen ist 1,5 mm Stellung eingeschlossen. Die austretenden Stäbe müssen absolut glattflächig sein.

Verzeichnung der Walzen für Rundeisen.

§ 692. Rundeisenwalzen erhalten gewöhnlich nur Fertigkaliber, so dass, wie schon bei den genaueren Quadrateisenwalzen, die Kaliber sich nach den im Handel gangbaren Rundeisensorten abstufen. Sie zeigen in Folge dessen auch keineswegs das zum Strecken nöthige starke Fallen der gewöhnlichen Walzenkaliber.

Das Strecken geschah bereits vor dem Eintritt der Stäbe in die Fertigwalze auf der Vorwalze mit bogigen Kalibern, und es wurde bereits bei der Besprechung der Ovalkaliber auf den Zusammenhang runder Streckkaliber hingewiesen.

Es ist nochmals zu erwähnen, dass man so weit vorwalzt, bis der Stab entweder direkt in das Fertigkaliber oder das demselben vorangehende eingelassen werden kann. Dann tritt er, von allen Seiten gepackt, in das wirkliche Fertigkaliber und geht mehrmals, bei starken Sorten vier- bis fünfmal, hindurch.

Für die Rundeisenkaliber gibt es eine ganze Reihe von Construktionen, von denen, wie bei den Quadrateisenkalibern, die älteren die grösste Abweichung von der Kreisform darin zeigen, dass die Kaliber etwas oval gehalten sind.

Ueber die maassgebenden Gründe hierbei verbreitet sich in durchaus erschöpfender Weise Hollenberg, welcher (a. a. O., S. 78 u. 79) sehr gute Construktionsregeln für die Rundeisenkaliber gibt, weshalb solche unter 12 des Textblattes A rechts und links von der verticalen Diagonale wiedergegeben worden sind.

Er führt zunächst aus, dass das Eisen, um einen vollkommen runden Stab zu erzeugen, das letzte Kaliber mehrfach (bei stärkeren Stäben vier- bis fünfmal) passiren müsse, und dass sich trotz dieses mehrfachen Durchgehens doch nur schwer eine der runden Form sich annähernde Gestalt erzielen lasse.

Daraus ergebe sich für die geometrische Verzeichnung der Kaliber die Forderung, dass die Höhe geringer zu machen sei als die Breite, dass also Breitung vorhanden sein müsse. Ohne eine solche presse sich das Eisen in die Walzenfuge, oder würde beim nächsten Durchgang nach erfolgter ganzer oder theilweiser Wendung der eingepresste Bart oder Draht umgelegt und eingewalzt, ohne anders als wie eine lose Faser am Stab entlang zu liegen — ein Fehler, der beim Abdrehen, noch besser beim Anbeizen mit verdünnter Säure, zu erkennen sei und mit dem Durchmesser der Stäbe wachse.

Wenn man daher auch Kaliber von geringerem Durchmesser nicht selten rund construire und nur die Ränder abrunde, so sei dieses Verfahren doch im Allgemeinen, auch nach Vergrösserung der Abrundungsfläche, nicht zu empfehlen.

Als wichtiges Moment für die Erzielung richtiger Rundformen sei die Begrenzung des Kalibers auf einen Theil (mindestens die Hälfte) durch richtige Kreisbögen, welche mit dem Halbmesser des herzustellenden Querschnittes zu ziehen sind.

Schon ein zweimaliger, besser ein dreimaliger, Durchgang verursache die Berührung jedes Oberflächentheils vom Stab mit diesen richtigen Kaliberflächen.

In der linken Hälfte der Skizze 12 auf dem Textblatt A ist der genau cylindrische Theil gleich $^2/_3$, in der rechten Hälfte derselben gleich der Hälfte der ganzen Kaliberfläche; in beiden Fällen ist der Radius der Abschrägung gleich dem horizontalen Abstand der Durchschnittspunkte des Kaliberkreises mit dem Winkelschenkel oder gleich der Sehne des Centriwinkels der regelmässigen Flächenstücke.

Dieselben betragen, im Falle links 120^0, rechts 90^0 und die Radien sind, bezw. gleich $2\,sin\,60^0$ und $2\,sin\,45^0$.

Für grössere Durchmesser der Waare räth Hollenberg, den Radius des Zusatzkreises für die erste Verzeichnung bis zum dreifachen Halbmesser des Kaliberkreises anwachsen zu lassen.

Aus diesem Grunde ist die zweite Verzeichnung, deren Kaliber nach dreimaligem Durchgang den Stab runden, vorzuziehen, für welche eine solche Bemerkung nicht gemacht ist, und welche mit der von Daelen (a. a. O., Taf. I) angegebenen übereinstimmt.

Verzeichnung der Walzen für andere regelmässige Profile.

§ 693. Ausser Rund- und Quadrateisen gibt es noch einzelne Profile von gleichseitig regelmässiger Gestalt, welche zu bestimmten Zwecken hergestellt werden, theils glatt-, theils hohlflächig.

Am häufigsten kommt das zur Mutterdarstellung für Schraubenverbindung gebrauchte Sechskanteisen vor. Dasselbe muss absolut gleichseitig und gleichwinkelig sein und des Gewindeeinschneidens wegen eine dichte Textur (Faser) haben. Es ist erforderlich, dass auch ohne geschehene Bearbeitung der Schraubschlüssel auf die aus solchem Stab geschnittenen Muttern in jeder Stellung passt.

Aus diesem letzteren Grunde ist es nicht rathsam, die Kaliber anders als vollkommen regelmässig zu construiren. Wenn ab und zu Construktionen von gedrückter Form, d. h. geringerer verticaler Höhe als nach den zwei anderen Axen vorkommen, so geschieht dies lediglich aus dem Grunde, um den Stab in das folgende Kaliber leichter einführen zu können, ist aber nicht nachzuahmen (Hollenberg, a. a. O., S. 82).*)

Man bildet aber besser die Kaliber als Fertigkaliber aus und geht mit dem Stab von der Vorwalze nach dem vorherigen oder vorvorherigen Kaliber der beabsichtigten Endform über. Eine Gratbildung vermeidet man durch entsprechende Abrundung, die sehr leicht anzubringen ist, da das Sechseck des Kalibers gewöhnlich so gelegt wird, dass eine durch zwei gegenüberliegende Ecken gehende Diagonale mit dem Walzenmittel zusammenfällt. Eine andere Lage wird von Hollenberg u. A. mit Recht als der Verdichtung des Gefüges weniger günstig bezeichnet, da die Resultirenden der beiderseitigen Drucke mehr auf einer der Walzenaxe parallelen Fläche zusammentreffen und von dem Mittelpunkt entfernt angreifen.

Hollenberg gibt die auch ohne Figur verständliche folgende Construktion an.

Man legt das entsprechende regelmässige Sechseck auf die ideale Walzlinie in der eben angedeuteten Weise, dass zwei gegenüberliegende Seiten der Walzlinie parallel sind.

Man trägt von der letzteren aus $^1/_3$ der Seite auf den vier in der Walzlinie zusammenstossenden Kaliberseiten ab und sucht von dem gewonnenen Punkte aus einen Kreisbogen, welcher sowohl der Sechseckseite als auch der nach Eintragen der Walzenstellung ermittelten Walzengrenze tangential ist.

Die Construktion ist analog der für Quadratkaliber in der linken Hälfte der Skizze 11 der beifolgenden Texttafel A angegebenen, nur dass im letzteren Fall $^1/_4$ der Seite abgetragen worden ist. Nach drei- bis viermaligem Durchgang durch ein solches Kaliber hat der Stab die erforderliche Genauigkeit erlangt.

Hollenberg gibt einige Beispiele von Kaliberreihen, auf welche verwiesen werden muss, da dieselben für die Theorie der Construktionen ebensowenig inneren Zusammenhang aufweisen als die Rundeisenkaliber, weit weniger aber als die Quadrateisenkaliber, die doch theilweise sich construktiv aneinander reihen.

§ 694. Die von Hollenberg u. A. noch reproducirten Achtkanteisen werden, wie auch andere aus dem Quadrat herstammende Stabquerschnitte, thatsächlich aus dem Quadrateisen ausgebildet. Man construirt eine Kaliberreihe von quadratischen, an der Walzgrenze ausgerundeten Umrissen und stumpft in denselben die Scheitelkante proportional und so weit ab, als es verlangt wird. Ganz regelmässige Achtecke kommen selten vor und werden dann wohl am besten wie die regelmässigen Sechsecke in die Walzen eingeschnitten.

*) Hollenberg gibt die Möglichkeit, Vor- und Fertigkaliber alterniren zu lassen, zu, wo dann das Vorkaliber gleiche Höhe, aber grössere Breite hat wie das Fertigkaliber.

Wie bei dem Sechskanteisen wird auch hier ein mehrmaliger Durchgang unter jedesmaliger Wendung um 90° nothwendig sein, ehe die wünschenswerthe Glätte der Waare erreicht ist.

Kaliberconstruktionen für Façoneisen. Allgemeines.

§ 695. So einfach sich die Kaliberverzeichnung für die geschilderten regelmässigen und einfachen Profile gestaltet, so umständlich wird sie und schwierig, wenn es sich um die Herstellung von complicirten Profilen handelt. Alle Schwierigkeiten, welche aus ungleichen Drucken, schrägen Druckflächen und anderen Unregelmässigkeiten der Walzarbeit entstehen, und auf welche bereits im § 644, S. 599, bis § 654, S. 605 und noch später hingewiesen worden ist, mehren sich bei der Walzarbeit für die verschiedenen Profile des sogenannten Façoneisens. Der gegenseitige Einfluss benachbarter ungleicher Querschnittselemente, wie er verschiedentlich geschildert ist, nöthigt bei der Kalibrirung von Façoneisenprofilen zur grössten Vorsicht und Behutsamkeit. Dieser Einfluss wächst, sobald der Stab theilweise oder ganz unsymmetrische Querschnitte hat. Eine allgemeine Regel lässt sich kaum aufstellen, da bei jedem neuen Profil neue Erfahrungen zu machen sind. Im Allgemeinen wird man, um zu einem bestimmten Anhalt für die Kaliberentwürfe zu gelangen, die gleiche Proportionalität der Dimensionsverminderung wenigstens für gleiche oder ähnliche Flächentheile festzuhalten haben.

Man zerlegt deshalb das Profil oft in verschiedene Theile, welche man alsdann annähernd als einfache Formen, Flacheisen, Rundeisen, Quadrateisen, behandeln kann. So kann man ein Winkeleisenprofil als ein winkelig aufgebogenes oder geknicktes Flacheisen betrachten, ein T-Eisen als ein aus zwei Flacheisen hergestelltes Profil, von denen das eine hochkantig auf der Mittellinie des anderen aufgesetzt ist, ein Doppel-T-Eisen als die Vereinigung zweier schmälerer Flacheisen mit einem breiten Flacheisenstreifen, die gewöhnliche Eisenbahnschiene (Vignoleschiene) als eine Vereinigung von einem Flacheisen, aufrecht auf der Mittellinie des anderen stehend und auf der anderen Seite (der Kopfseite) in einen Rundstab von etwas verdrückter Form übergehend u. s. w.

Eine andere Methode besteht darin, den gerundeten Querschnitt des Fertigprofils in einen von geraden Linien begrenzten Umriss dadurch zu verwandeln, dass man an Stelle der convexen Umrissstücke Tangenten, an Stelle der conkaven Umrisstheile ebenfalls Tangenten oder auch Sehnen zieht.

Das so erhaltene rechteckige Profil wird nunmehr benutzt, um durch Verzeichnen von in proportionalen Entfernungen errichteten Parallelen zu einer ganzen Reihe ähnlicher Figuren zu gelangen, die dann durch Ausrundung im Sinne des Fertigprofils und unter Rücksichtnahme auf die Lage des Kalibers auf der Walzlinie sowie auf die Vertheilung des Kaliberumrisses auf die beiden in Betracht kommenden Walzenflächen praktisch brauchbar gemacht werden.

Sehr schöne Beispiele dieser Art bieten die Tafeln II, IV und VI der Daelen'schen Preisschrift über Walzenkalibrirung sowie die Tafeln XXVI und XXVII der Hollenberg'schen Abhandlung und endlich die Tafeln XXXII und XXXIII der Dickmann'schen Schrift.

§ 696. Wie ebenfalls bereits angedeutet, geht man mit dieser Aehnlichkeit mit dem Fertigprofil oder mit der proportionalen Ueberführung bei den Façoneisensorten sehr weit in das Bereich der ersten oder Vorwalzkaliber hinein, so dass Vorwalzkaliber im Sinne der bei dem gewöhnlichen Handelseisen gebräuchlichen gar nicht vorkommen, wie übrigens bereits früher angedeutet worden ist.

Dagegen führt die Consequenz der meist grösseren Breitung (in Folge schräger Druckflächen) zur Einschaltung von Stauchkalibern bei allen solchen Profilen, welche mit der Mittellinie parallel zur Walzlinie kalibrirt werden, oder bei welchen die Ausbildung einzelner Querschnittselemente nicht ohne eine über die entsprechende Fertigdimension hinausgehende Breitung ausführbar erscheint. Fängt eben eine solche Ausbildung einzelner Querschnittselemente, z. B. der Füsse von Schienen und Trägern, des Steges der T-Eisen und anderer Theile, sehr früh an, um im dehnbarsten Zustand die erforderlichen Verschiebungen bewirken zu können, so ist es nicht immer möglich, mit der Ausbildung des ganzen Profils innerhalb der Breitendifferenz zwischen dem ersten formgebenden Kaliber und dem Fertigkaliber auszukommen.

Die Rücksichten auf den Materialblock oder das Walzstück und Anderes mehr spielen auch in der Weise mit, dass man dessen Abmessungen nicht ohne Weiteres dem Fertigprofil nahe genug anpassen kann, um mit der Breitung, wie sie die betreffende Walzarbeit geben muss, in den Dimensionsgrenzen des Endprofils bleiben zu können. Manche der Stoffverschiebungen, namentlich die seitlichen, müssen mit grösster Vorsicht angeordnet werden, sonst treten die früher bereits charakterisirten Erscheinungen, Verkrümmungen, innere Zerreissungen, Nichtausgefülltwerden der Kaliber etc. ein.

Diese Schwierigkeiten häufen sich bei den gänzlich unsymmetrischen Profilen, z. B. ungleichschenkligen Winkeleisen, ungleichflügligen T- und Doppel-T-Eisen, manchen U-Eisen, unsymmetrischen Schienen etc. Hier macht schon die Lage des Profils und der vorhergehenden vorbereitenden Formen zu der Walzlinie grosse Schwierigkeiten, da es hierbei ohne grosse Unterschiede in den Halbmessern der verschiedenen, mit dem Walzstück in Berührung kommenden Druckflächenelementen nicht abgehen kann.

Dann wirken auch die verschiedenen Schwindungen, je nach der verschiedenen Schmelzbarkeit der Abkühlung, mit ein und zwingen zu Vorsichtsmaassregeln, so dass schliesslich die Unmöglichkeit hervortritt, anders als unter steter Benutzung von Betriebserfahrungen Façoneisenwalzen gut zu kalibriren. Dass die Empirie allein indessen auch nicht hilft, sondern dass man durch Bedachtnahme auf die Seite 599—605 gegebenen allgemeinen Sätze rascher zum Ziele kommen kann, werden einzelne der folgenden Beispiele klar darthun.

Bei dem Reichthum an Material kann nur eine beschränkte Auswahl von Beispielen gegeben und abgebildet werden; im Uebrigen ist auf die Sammelwerke zu verweisen.

Eine eigentliche Classification ist nicht möglich; höchstens könnte man ganz symmetrische, theilweise symmetrische und unsymmetrische Formen aufeinander folgen lassen, ohne deshalb Gruppen zu bilden.

Kalibrirung für vollkommen symmetrisches Doppel-T-Eisen.

§ 697. Das Doppel-T-Eisen, eine der verbreitetsten Handelsformen der Walzwerksprodukte, welches täglich und in wachsendem Maasse den Holzbalken ersetzt, wird in verschiedenen Abmessungen hergestellt und bietet hiernach auch verschiedene Schwierigkeiten in der Herstellung.

Es kommt bei dieser Unterscheidung wesentlich auf das Verhältniss von Höhe des Steges zur Breite von Kopf und Fuss in Betracht, und man findet unter den marktgängigen Fabrikaten dieses Profils zwei verschiedene Werthe für das gedachte Verhältniss vertreten.

Für die gewöhnliche Verwendung beim Bau, besonders zur Construktion der Zwischendecken in Wohngebäuden, wo keine grossen Spannweiten und nur mässige Belastungen zur Anwendung kommen, genügen Profile mit schmalem Kopf und Fuss und entsprechend höherem und auch stärkerem Steg. Ein solches statisch ungünstig gebildetes Profil walzt sich aber sehr leicht, da man es fast wie ein Flacheisen mit Rändern behandeln kann, welche in der ersten Schweisshitze sehr rasch vollkommen angefüllt werden können. Bei stärkerer Beanspruchung aber muss der Steg unverhältnissmässig höher und dicker werden, oder es sind Kopf und Fuss zu verbreitern.

Da sich ein solches breitflügliges Doppel-T-Profil beim Walzen wohl nicht mehr als Flacheisen behandeln lässt, so steht man bei nothwendiger Steigerung der Tragfähigkeit der Doppel-T-Profile vor der Alternative, entweder sehr schwere oder in der Darstellung nicht mehr bequeme Formen zu erhalten.

Diese Schwierigkeit hat zu mancherlei Auswegen geführt, die Leistung der Doppel-T-Profile, ohne zu starke Complication der Walzwerksprocesse, steigern zu können, und die Profilbücher der Walzwerke weisen sehr umfangreiche Sammlungen der verschiedensten Lösungen dieser praktischen Probleme auf.

Es versteht sich hierbei von selbst, dass man sich durch Verbesserung des Betriebes von der ältesten Chablone, den schmalflügligen und schweren Profilen, freizumachen suchte und gleichzeitig auf verschiedene, aus den Kreisen der Abnehmer hervorgegangene Wünsche Rücksicht nahm.

Dabei wurde in sehr verschiedener Weise auf die grössere oder geringere Leichtigkeit der gleichen Leistung gegenüber Rücksicht genommen, so dass sich die gleiche Aufgabe mit oft sehr ungleichem Massenaufwand gelöst fand. Besonders galt dies für die schweren Profile im Allgemeinen, und es trat bei verschiedenen Anlässen das Bedürfniss auf, für die Balkenprofile eine für die Fabrikanten wie für die Abnehmer gleich vortheilhafte Normalform aufzusuchen: stark, leicht und ohne erhebliche Schwierigkeiten walzbar. Es ist bekannt, dass die von Heinzerling und Intze 1889 in 6. Auflage herausgegebenen deutschen Normalprofile aus dem Bestreben hervorgegangen sind, rationell construirte Walzprofile besonders für Doppel-T-Eisen aufzustellen.

§ 698. Noch ehe dieser Schritt geschehen, war man beim Verlassen des schmalflügligen Doppel-T-Profils bereits dazu übergegangen, die Walzarbeit durch die Wahl einer geeigneten Packetform zu erleichtern. Bereits unter B. dieses Kapitels ist § 631, S. 592 u. 593 auf derartige Packetirungen hingewiesen worden und es wurden dabei die Skizzen zweier solcher Anordnungen gegeben.

Hier muss dazu noch bemerkt werden, dass von beiden die letztere deshalb vorzuziehen ist, weil sie einfacher zusammengelegt ist als die erste, deren Kopf- und Fussplatten besondere Darstellungsprocesse verlangen.

Dieselben wurden in einer Kaliberwalze ausgewalzt, während das Mittelstück oder das Material des Steges aus übereinander liegenden Luppenstäben bestand. Daelen (Preisschrift Taf. V, Fig. 2) bildet ähnliche Packetirungen ab, bei denen ein Mal ein unter der Universalwalze hergestelltes massives Mittelstück, das andere Mal eine Aufeinanderschichtung von Rohschienen innerhalb zweier doppelt geschweisster Seitenplatten angeordnet ist.

Später ging man zu minder complicirten Vorbereitungsarbeiten über und wandte glatte Aufeinanderlagen an, wobei, wie im Beispiel S. 593, nur die Aussenplatten doppelt geschweisst waren.

§ 699. Bezüglich der Kalibrirung des Doppel-T-Eisens geben die verschiedenen Construkteure ebenfalls verschiedene mehr oder weniger einfache Recepte.

Daelen (Preisschrift S. 14, Taf. VI, Fig. 1) gibt nachstehende, auf Skizze 1 der mitfolgenden Texttafel B in halber Ausführung wiedergegebene Anweisung.

Das Profil des Fertigkalibers wird zunächst in ganz geraden Linien (natürlich unter Zurechnung des Schwindmaasses) aufgezeichnet und dann die vorhergehenden sieben Kaliber unter Beachtung nachstehender Proportionen (als Abnahmen des vorhergehenden Kalibers ausgedrückt) als Parallelen der Grundform construirt.

1. Kaliber	Stegdicke	Flügeldicke	Flügelbreite	Absolute Breitung
2. „	$^2/_3$	$^7/_8$	$^9/_{10}$	2 mm
3. „	$^3/_4$	$^7/_8$	$^9/_{10}$	2 „
4. „	$^3/_4$	$^7/_8$	$^9/_{10}$	2 „
5. „	$^3/_4$	$^7/_8$	$^9/_{10}$	2 „
6. „	$^3/_4$	$^7/_8$	$^9/_{10}$	2 „
7. „	$^4/_5$	$^7/_8$	$^9/_{10}$	2 „

Man sieht, dass der Steg am stärksten gedrückt und das Eisen in demselben am meisten gestreckt wird. Für die Annahme gerade dieser Verschiedenheit in den Streckungsverhältnissen gibt Daelen keine Gründe an; er erwähnt nur, dass der Fuss nicht wie bei anderen Profilen, z. B. der Bahnschiene, in der Oberwalze stärker gedrückt werde als in der Unterwalze, sondern und aus dem Grunde ganz gleich, weil die ersten Kaliber nicht geschlossen, sondern in der Mitte getheilt sind.

Die Flügel der Füsse sind in der Ober- und Unterwalze mit gerundeten Umrissen versehen, deren Verzeichnung ebenfalls mit einer gewissen Proportionalität geschehen muss, so dass z. B. die Radien der Umrisse in einem ähnlichen Verhältniss sich ändern wie die geradlinig begrenzten Theile in Stärke und Breite.

Daelen gibt noch an, dass alle Kaliber symmetrisch gebildet seien, damit beim Walzen ein Umwenden der Packete nicht nöthig sei, und damit die Kaliber auch als Fertigkaliber für stärkeres Doppel-**T**-Eisen benutzt werden können.

§ 700. Hollenberg (Preisschrift S. 103) hebt hervor, dass die Auffindung der richtigen brauchbaren Kalibrirung für Doppel-**T**-Eisen grosse Schwierigkeiten verursacht habe, und dass man sich eben mit den façonnirten Belegstücken der grösseren Packete, die für diesen Zweck ausschliesslich hergestellt und vorgeschweisst waren, beholfen hatte. Man habe die Doppel-**T**-Form in den Packeten auch neuerdings noch beibehalten, um an Kalibern zu sparen, man begnüge sich indessen (für geschweisste Waare) mit Luppenschienen und mit einfachen vorgeschweissten Schienen, welch letztere man an den Stellen einlege, welche beim Walzen der Materialverschiebung am meisten ausgesetzt sind.

Dadurch entsteht eben die bereits S. 593 mitgetheilte Packetirung, die, wie jede Packetirung, wegfällt, wenn, was jetzt sehr häufig geschieht, Flusseisen zur Trägerherstellung angewendet wird.

Von den Beispielen Hollenberg's, bei denen

h die Balkenhöhe, also Kaliberbreite,
b die Fuss- und Kopfbreite,
s die Eisendicke im Steg,
$d\,d_{,}$ die Fussdicke bezw. am Ende und in der Mittellinie des Profils bezeichnen, werden hier folgende mitgetheilt:

1. Träger von 9 Zoll = 235 mm.

	Linien = 2,1739 mm.				
	h	*b*	*d*	$d_{,}$	*s*
1. Kaliber . . .	101,5	81	16,5	32,5	46,5
2. „ . . .	102,75	72,5	13,25	25,5	33,5
3. „ . . .	104,25	65	11,25	18,25	21,5
4. „ . . .	105,50	58	9	15,50	15
5. „ . . .	106,75	53	7,75	13,75	11,5
6. „ . . .	107	49	7,50	10	10
7. „ . . .	107,5	45	6,50	8,50	7,75
8. „ . . .	108,5	43	5,50	7,50	5,75
9. „ . . .	109,5	41,5	5	6,50	4,25

Dieser Träger ist aus einem Packet von einem das Trägerprofil bereits vorbildenden Querschnitt gewalzt, während das folgende Beispiel auf einen Träger sich bezieht, der aus einem quadratischen Packet herausgewalzt ist.

2. Träger von 6 Zoll = 157 mm.

Linien = 2,1739 mm.

	h	b	d	$d_{,}$	s
1. Kaliber . . .	63	85	12	37,5	56
2. „ . . .	64	80	9	28,5	40
3. „ . . .	65	74	8	20,75	28
4. „ . . .	66	68,5	7	17	20
5. „ . . .	67	62	6	14,25	14,5
6. „ . . .	68	58,5	5	11	12,5
7. „ . . .	67	51,5	4	9,25	9,5
8. „ . . .	70	45	3,75	8	7,25
9. „ . . .	71	39,5	3,50	6,50	5,50
10. „ . . .	72	36,5	3	6,50	4,25
11. „ . . .	73	34,5	3	4,50	3,75

§ 701. Im Allgemeinen zeigen alle mitgetheilten (auch das Daelen'sche) Beispiele eine nur sehr geringe Breitung; dieselbe beträgt z. B. bei dem ersten der beiden hier wiedergegebenen Beispiele

im 2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9. Kaliber
1,25	1,50	1,25	1,25	0,25	0,5	1	1 Linien,

bei dem letzten durchgängig 1 Linie in jedem Kaliber.

Hollenberg führt unter seinen Beispielen eins an (für $6^3/_4$ Zoll oder rund 175 mm Höhe), wo die Breitungen sich wie nachstehend aufeinander folgen:

im 2.	3.	4.	5.	6.	7.	8. Kaliber
1	0,75	0,75	0,5	0,5	0,5	0,25 Linien.

In dieser Reihe ist wenigstens eine gewisse Gesetzmässigkeit, welche im ersten Beispiel ganz fehlt; Hollenberg bemerkt dazu, dass dieser Träger im Reversirwalzwerk oder mit Reversirkuppelung, also durchschnittlich wärmer, gewalzt worden sei. Bezüglich der Rundungen bemerkt der Genannte, dass sich dieselben nach kurzer Uebung im Darstellen der Kaliber mit Leichtigkeit ergäben.

Die symmetrische Figur der Doppel-T-Träger erleichtert die Beurtheilung sowie die Beseitigung der bei der Walzoperation etwa vorkommenden Fehler. Als solcher wird in erster Linie erwähnt, dass häufig der Fuss an der der Oberwalze zugekehrten Seite nicht ausgefüllt wird. Diesem Uebelstand kann entweder durch etwas wärmeres Walzen abgeholfen werden, oder man dreht die Walze so nach, dass der Schenkel der Oberseite sich beim Eintreten in das Fertigkaliber stauchen muss. Dadurch ist im Fertigkaliber mehr Druck und es füllt sich das Profil gut aus. Zu starker Oberdruck, der den Stab nach oben convex krümmt, entzieht den Schenkeln ebenfalls leicht etwas Substanz.

Ein Wellen des Steges im Sinne der bereits § 651 charakterisirten Erscheinung kann ausser durch zu starken Druck auf den Steg auch durch ungleiche Schwindung hervorgebracht werden. Dieser Fehler ist in seiner Ursache leicht zu erkennen und durch Abänderung der Kalibrirung zu verbessern. Das Gleiche gilt vom Abtrennen des Fusses vom Stege in Folge von zu ungleicher Streckung beider oder zu wenig gerundeten Ueberganges.

§ 702. Eine andere, aus der Praxis entnommene Construktion der Doppel-T-Eisen-Kalibrirung, welche ebenfalls von einem vorgerichteten Packet in annähernder Doppel-T-Gestalt ausgeht, ist in den Fig. 2 u. 3 der Texttafel B gegeben.

Ueber die Construktion selbst bemerkt der Urheber derselben: Da das unter dem Hammer vorsichtig zusammengeschlagene Packet von vornherein den Typus des Doppel-T-Eisens aufgeprägt erhalten hat, wird es möglich, durch analog in fast parallelen Zügen sich bewegende Curven das verlangte Profil zu erreichen. Die Dimensionen der Vorkaliber sind aus freier Hand gewählt, doch aber immer mit Rücksicht auf das früher erörterte Gesetz über die gleichmässige Streckung, wobei der Querschnitt in Verticalstreifen zerlegt gedacht war.

Hierzu muss indessen bemerkt werden, dass diesem Gesetz in den allerersten Vorkalibern insofern am wenigsten genügt wird, als sich daselbst eine Alternirung von geschweifter oder stärker gebogener und flacher bezw. geradliniger Begrenzung der Kopf- und Fussinnenflächen bemerklich macht. Offenbar ist durch eine solche Abwechselung eine stärkere Knetung des Fuss- und Kopfmaterials in beiden Flügeln beabsichtigt, bei welcher abwechselnd verschiedene Gruppen von Lamellen stärker und schwächer gedrückt werden mussten.

Das Gesetz kommt erst dann in voller Strenge zur Anwendung, sobald der Steg sich, wenn auch nur in einem Theil, geradlinig ausgebildet hat. Das im Steg vorhandene Material wird nunmehr nur noch zusammengedrückt, kann nicht durch Seitendruck verschoben werden, bleibt also im Steg. Es

soll auch von den Seiten her keinerlei Zuwachs an Substanz erfahren und sonach bleibt dasselbe Material auch in den aufeinander folgenden Querschnitten an gleicher Stelle, indem es nur gestreckt wird.

Alle Kaliberabschnitte oder Kaliberlamellengruppen im früher aufgestellten Sinn müssen somit dem Verhältniss genügen: $A : A_, :: B : B_, :: h : h_,$ wenn $A\,A_,$ und $B\,B_,$ die links und rechts vom Steg liegenden Kaliberabschnitte oder Gruppen von Querschnittselementen oder Lamellen vor und nach dem Durchgang und h und $h_,$ die Höhen zweier aufeinander folgender Stege bezeichnen.

Was für die Vorkaliber gilt, gilt auch für die Fertigkaliber, und es gibt sonach die eben hervorgehobene Proportionalität einen Anhalt für die nothwendige Erweiterung bei gegebener Höhenverminderung.

Dazu wird aber weiter bemerkt, dass dieses Proportionalitätsgesetz nicht auf einzelne Theile der genannten grösseren Kaliberabschnitte angewendet werden kann, weil durch die Wirkung des vorhandenen Seitendruckes ein Verschieben von Masse aus einem Verticalstreifen in den benachbarten unzweifelhaft stattfindet und diese Seitendrucke bei gerundetem Umriss des Kalibers stets wechseln. Noch ist zu den gegebenen Skizzen zu bemerken, dass die Symmetrie der Kaliber keine ganz vollständige sein darf, sondern dass der von der Oberwalze gebildete Theil des Kalibers höher sein muss als der in der Unterwalze gelegene.

Hierfür wird angeführt, dass, da der Stab ganz in der Unterwalze liegt, die beim Walzen hervortretende, nach oben streichende Wirkung der Unterwalze um die ganze Wirkung der äusseren Fussflächen über die nach unten streichende Wirkung der Oberwalze prävaliren müsse. Dadurch würde dem Eindringen des Materials auf dem Boden der Kaliber in der Unterwalze gewissermaassen widerstanden und der ganze Stab in die Oberwalze gedrängt. Man lässt das Material in den ersten Fertigkalibern diesem Impuls ruhig folgen und gibt der Oberhälfte des Querschnittes eine geringere Abnahme. Im folgenden Kaliber vertauscht man dann die Lage und stellt die Symmetrie von selbst wieder her.

Die Skizzen 2 und 3 geben auch noch einen gewissen Anhalt für die Lage der Mittelpunkte aller in Betracht kommenden Abrundungscurven, während die Skizzen 15 und 16 die Einordnung der Kaliber auf den Walzen andeuten.

§ 703. Einige Aehnlichkeit mit den eben geschilderten Anordnungen der Kaliber für Doppel-T-Eisen haben zwei Kalibrirungsbeispiele, welche Dickmann, der Verfasser der dritten gekrönten Preisschrift (Die Kalibrirung der Eisenwalzen etc., 3. Schrift; Berlin 1874, Nicolai), angegeben hat.

Die Fussbildung zeigt ebenfalls eine steigende Divergenz der Innenflächen namentlich gegenüber der Daelen'schen Kalibrirung; was aber auffallen muss, ist bei beiden auf Taf. XXXIII, Fig. 1 u. 2 gegebenen Skizzen eine Unterbrechung der Stetigkeit in der Veränderung der aufeinander folgenden Drucke.

Geht man vom Fertigkaliber aus, so findet man ein stetiges Wachsen des Druckes bis zum 6. Kaliber, wo im Uebergang zum 7. ein Sprung rückwärts stattfindet, indem die absoluten Zunahmen von 5 nach 6 und von 6 nach 7 sich untereinander etwa wie 3 zu 7 im Steg, 7 zu 13 in den Flügeln verhalten. Forscht man weiter nach, so ergibt sich, dass Dickmann die aufeinander folgenden Drucke der Stege ganz so behandelt wie bei Flacheisenkalibrirungen, für welche er eine besondere Berechnungsmethode aufgestellt hat, deren Consequenzen im Bereich des Flacheisenwalzens (in Kalibern) keine besondere Veranlassung zur Kritik boten, während sie hier beim Doppel-T-Eisen bedenklich werden würden.

Dickmann bezeichnet mit $3\,x$ die Dicke des Fertigstabes (in Millimeter) und benutzt zur Bestimmung der vorhergehenden Kaliberhöhen nacheinander die Coefficienten

$$\frac{15-x}{10} \quad \frac{16-x}{10} \quad \frac{17-x}{10} \quad \frac{18-x}{10} \quad \frac{19-x}{10} \ldots$$

so dass die Kaliberhöhen sich folgen:

Fertigkaliber . . .	$3\,x$
2. Kaliber	$3\,x \cdot \frac{15-x}{10}$
3. „	$3\,x \cdot \frac{15-x}{10} \cdot \frac{16-x}{10}$
4. „	$3\,x \cdot \frac{15-x}{10} \cdot \frac{16-x}{10} \cdot \frac{17-x}{10}$
5. „	$3\,x \cdot \frac{15-x}{10} \cdot \frac{16-x}{10} \cdot \frac{17-x}{10} \cdot \frac{18-x}{10}$
6. „	$3\,x \cdot \frac{15-x}{10} \cdot \frac{16-x}{10} \cdot \frac{17-x}{10} \cdot \frac{18-x}{10} \cdot \frac{19-x}{10}$

Diese etwas unbequemen Ausdrücke, die nirgendwo eine Ableitung oder Begründung finden, sind nicht weiter ausgerechnet worden, wogegen Dickmann bemerkt, dass man mehr wie 6 Kaliber

mit dieser Form aber nicht berechnen könne, da der Druck für die gebräuchlichen Walzendurchmesser sonst zu gross erscheinen würde, weshalb bereits beim 6. Kaliber der Kunstgriff anzuwenden sei, an Stelle des letzten Faktors $\frac{19 - x}{10}$ den vorvorherigen Endfaktor $\frac{17 - x}{10}$ zu setzen.

Die Rücksicht auf den Walzendurchmesser ist aber nicht der einzige Grund für diesen Kunstgriff (?!), den man ruhig als ein verfehltes, durch Nichts motivirtes Manöver bezeichnen kann.

Dickmann gibt selber an, dass der Druck bei Flacheisenstäben abhängig sei von der Stabdicke und von dem Walzendurchmesser; er dürfe, um das Eisen nicht zu zerreissen, den Stabquerschnitt höchstens bis zur Hälfte vermindern und, um das Eisen auch von den Walzen sicher packen zu lassen, nicht mehr betragen als $^1/_{20}$ des Walzendurchmessers.

Dies letztere ist schon ziemlich viel, wenn man die früher hier gegebenen Entwickelungen (§ 643, S. 598) damit vergleicht, welche nur $^1/_{30}$ des Walzendurchmessers als zulässig für das Druckmaass ergaben.

Wenn man hiernach bloss die Walze hinlänglich stark zu machen brauchte, um auch dem Druck zu begegnen, der sich aus dem Gebrauch der Dickmann'schen Ausdrücke berechnet; sobald man dieselben für eine grössere Anzahl von Kalibern anwendet, so kann man doch die andere Wirkung der starken Drucke nicht aufheben, nämlich das Zerreissen des Eisens, und es ist leicht nachzuweisen, wie weit schliesslich die Druckberechnungen Dickmann's führen.

Es mag zuvor gestattet sein, den Werth x durch $\frac{h}{3}$ oder 0,333 h zu ersetzen, um h, die Stegdicke des Fertigkalibers, thatsächlich einzuführen. Man erhält dann die Coefficienten:

$$
\begin{array}{lll}
0{,}1\ (15-0{,}33\ h) & \text{oder} & 1{,}5-0{,}03333\ h \\
0{,}1\ (16-0{,}33\ h) & „ & 1{,}6-0{,}03333\ h \\
0{,}1\ (17-0{,}33\ h) & „ & 1{,}7-0{,}03333\ h \\
0{,}1\ (18-0{,}33\ h) & „ & 1{,}8-0{,}03333\ h \\
0{,}1\ (19-0{,}33\ h) & „ & 1{,}9-0{,}03333\ h \text{ u. s. w.,}
\end{array}
$$

welche für $h = 1$ sich vereinfachen lassen auf beziehungsweise

1,4666 für das Druckverhältniss im 2. Kaliber
1,5666 „ „ „ „ 3. „
1,6666 „ „ „ „ 4. „
1,7666 „ „ „ „ 5. „
1,8666 „ „ „ „ 6. „
1,9666 „ „ „ „ 7. „
2,0666 „ „ „ „ 8. „ u. s. w.,

so dass im 11. Kaliber, d. h. dem ersten der von Dickmann gegebenen Reihenfolge, bereits 2,3666 als Coefficient gegen die folgende Stegstärke herauskommt, also weit mehr, als zulässig ist.*)

Zu den vorhergehenden Festsetzungen ist noch zu bemerken, dass Dickmann erst vom 2. Kaliber an die Zunahmen der Stegdicken nach seinen für das Flacheisen gegebenen Formeln berechnet haben will, da er das letzte Kaliber wesentlich als Schlichtkaliber ansieht; dass er ferner in der Reihe der Kaliber dasjenige wieder als Endkaliber für die weitere Entwickelung ansieht, bei welchem der Stab zum etwaigen nochmaligen Wärmen wieder in den Ofen kommt. Das letztere kommt wenig mehr vor, wenn nicht sehr grosse Längen aus Blocken gewalzt werden müssen, die sich aus anderen Gründen dem Zweck in der Länge nicht anpassen.

§ 704. Etwas umständlicher als die Bestimmung der Abnahmen in der Stegdicke ist Dickmann's Construktion für die Ausbildung der Flügel.

Zunächst zerlegt Dickmann die Wirkung des Walzendruckes auf die Flügeländerung in zwei Theile:

einen Theil auf das Wegdrücken des für die Längenausdehnung (Streckung) des Flügels verwendbaren Materials,

einen Theil zur Streckung des in die Flügelwurzel (Fortsetzung des Steges am Fuss) hineingedrückten Materials.

*) Es wäre, wenn einmal schon mathematisch vorgegangen werden sollte, eine Reihe aufzusuchen, deren Glieder überhaupt nicht über die Grenze der zulässigen Drucke hinauskönnen und dabei von einem gewissen Anfangsdruck ausgehen.

Jede Hyperbel, die sich einer durch den einem kleineren Werth als 2 entsprechenden Punkt der Ordinatenaxe gelegten Parallele der Abscissenaxe asymptotisch nähert, wird die erforderlichen Elemente einer solchen Reihe geben.

Beginnt man z. B. mit dem Coefficienten $^5/_4$, so kann man für das Höhenverhältniss je zweier aufeinander folgender Kaliber die Formel $\frac{h\,n+1}{h\,n} = \frac{5+2\,n}{4+n}$ annehmen, woraus sich für die aus dem Fertigkaliber h zu entwickelnden vorhergehenden Kaliber die folgenden Uebergangsverhältnisse ergeben:

Kaliberhöhen	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	h_8	h_9	h_{10}
	$^5/_4\,h$	$^7/_5\,h_1$	$^9/_6\,h_2$	$^{11}/_7\,h_3$	$^{13}/_8\,h_4$	$^{15}/_9\,h_5$	$^{17}/_{10}\,h_6$	$^{19}/_{11}\,h_7$	$^{20}/_{12}\,h_8$	$^{22}/_{13}\,h_9$.

Der grösste Werth der ganzen Reihe für $n = \infty$ wird immer nur gleich $^7/_4$ sein.

Den von der Kaliberfläche auf die Flügel ausgeübten Druck P nimmt Dickmann als normal zur Walzenaxe an und zerlegt denselben in einen normal zur Kaliberfläche gerichteten Zweig R und einen parallel zur Kaliberfläche gerichteten Druckzweig L.

Der Winkel, den die schräge Kaliberfläche mit der Richtung des Druckes P macht, wird α genannt, und es ist natürlich $R = P \times \sin \alpha$

$L = P \times \cos \alpha$, wie früher bereits auch hier betont.

Den weggedrückten Flügelquerschnitt Q theilt Dickmann ebenfalls in zwei Theile:

einen für die Längenausdehnung des Flügels verwendeten Theil und einen nach der Flügelwurzel hingedrückten Theil.

Für das Verhältniss beider stellt er nunmehr die Formel auf:

$$\frac{Q\,e}{Q\,s} = \frac{P \sin \alpha}{P \cos \alpha} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = tg\, \alpha$$

indem er die vorherige Kräfte- oder Druckspaltung in dieser Weise wirksam ohne weiteres Bedenken voraussetzt.

Indem Dickmann sich $Q\,e$ und $Q\,s$ als Rechtecke vorstellt, welche auf einer Basis errichtet sind, welche gleich der von der Aussenfläche des Steges zu dem Flügelende des Fusses bestehenden Entfernung angenommen wird und deren resp. Höhen m und n sein sollen, gelangt er weiter zur Proportion

$$\frac{m}{n} = tg\, \alpha.$$

Die diesen Folgerungen beigegebene Figur lässt leider nicht erkennen, ob die herausgegriffenen Dimensionen dem zu drückenden oder dem gedrückten Profil angehören; ferner ist in der weiteren Discussion plötzlich von einem Quadrat n die Rede, welches als oberstes einer ganzen Reihe kleiner Quadrate gedacht ist, die den weggedrückten Theil bilden sollen.

Die etwas zu grosse Knappheit in der Darstellung dieser ganzen Entwickelung macht es überhaupt schwer, dieselbe genau zu verfolgen, und es muss umsomehr auf das Studium der Quelle verwiesen werden, als durch individuelle Auslegung leicht missverständliche Auffassungen eintreten können.

Im Allgemeinen ist noch zu erwähnen, dass Dickmann weiterhin die beiden Fälle betrachtet:

1. $Q\,e$ ist ausreichend für die Längenausdehnung des Flügels und die Stauchung addirt sich zu $Q\,s$ zur Längenausdehnung der Flügelwurzel;
2. $Q\,s$ ist ausreichend für die Längenausdehnung der Flügelwurzel und die Stauchung um die Grösse C addirt sich zu $Q\,e$ für die Längenausdehnung des Flügels.

§ 705. Nach Aufstellung der namentlich die Grösse des Winkels α betreffenden langen und complicirten Formeln gelangt Dickmann zu nachstehenden, mehr praktischen Andeutungen.

Die Construktion der Kaliber soll am besten nach der gegebenen Anweisung auszuführen sein, soweit die Dimensionen der Walzen und die Dicken der Flügel dies zulassen; doch werde meist schon im vorletzten Kaliber die Höhenzunahme für die Bedingungen beider Fälle zu gross. Man sei daher gezwungen, das Eisen zur Verlängerung der Flügel aus den Dicken derselben zu nehmen (um die fehlende Stauchung zu ersetzen).

Solange der Stab weisswarm oder überhaupt noch so weich ist, dass der nach dem kleinen Vierkant der Flügelwurzel gedrückte überschüssige Theil wieder in den Flügel zurückgeht, bleibt die Verlängerung für alle Theile des Doppel-T-Stabes dieselbe, wenn einfach das Verhältniss der Flächeninhalte der Flügel in zwei aufeinander folgenden Kalibern das gleiche wie das der entsprechenden Stegdicken ist.

Für die Kaliber, in denen der Stab nicht mehr diese vollkommene Weichheit haben kann, tritt eine ungleichmässige Ausdehnung in den verschiedenen Profiltheilen ein und umsomehr, je kälter der Stab wird, oder je mehr man sich von der Construktion Dickmann's entfernt hat.

Als Hilfsmittel in solchen Fällen kommt Dickmann auf das einzuschaltende nochmalige Erwärmen oder eventuell auf das schnellere Walzen durch Reversir- oder Umkehrbewegung zurück.

Bezüglich der Fussschräge bemerkt Dickmann noch ausdrücklich, dass die verlängerten Schrägungen zweier aufeinander folgender Kaliberfüsse sich mit der Fusslinie in einem Punkt schneiden müssen, oder dass die Anfangshöhen, Mittelhöhen und Endhöhen gleich proportional sein müssen:

$$\frac{a_1\, b_1}{a_2\, b_2} = \frac{c_1\, d_1}{c_2\, d_2} = \frac{e_1\, f_1}{e_2\, f_2}$$

Diese starke Convergenz fällt auch bei den Dickmann'schen Kalibrirungen sofort auf im Gegensatz zu der geringeren Convergenz der Daelen'schen Verzeichnung oder der wechselnden Convergenz in der, Fig. 2—3 der Texttafel B gegebenen Kalibrirung.

Eine eigentlich selbstverständliche Bemerkung macht Dickmann noch bezüglich des Eintretenkönnens des Flügels in das nächstkleinere Kaliber. Dazu ist nur nöthig, dass die Endhöhe des Fusses vom dickeren Kaliber $e_n\, f_n$ immer kleiner sei als $\frac{a}{n-1}\,\frac{b}{n-1}$ die Fusshöhe an der Wurzel des nächstfolgenden oder in der Kalibrirungsoperation vorherkommenden, d. h. hier mit $n-1$ bezeichneten.

Die Stauchung, in der Richtung der Fussfläche gemessen, also die halbe Breitenverminderung des ganzen Fusses, soll nach Dickmann stets kleiner sein als die Fussdicke des nächstkleineren Kalibers; im Uebrigen verfährt man ziemlich willkürlich, beachtet aber doch eine gewisse Rücksicht auf den Durchmesser der Walzen. Man lässt sie vom kleinsten bis grössten Kaliber verhältnissmässig und bis 30 mm wachsen.

Bei den drei bis vier grössten Kalibern konnte man nach Dickmann der Mitte im Verhältniss zu den Flügeln bedeutend stärkeren Druck geben, theils weil dieselbe damals meist aus Luppeneisen bestand, die Flügel dagegen vorwiegend aus abgeschweisstem Eisen, theils aus dem nicht recht verständlichen Grunde, die Form des kleinsten Doppel-T-Eisens zu vermeiden (dessen Kalibrirung Dickmann auf Taf. XXXII gegeben), die es nicht erlaubt, die grösseren oder Vorkaliber für mehrere Sorten brauchbar einzurichten.

Dickmann schliesst seine interessanten, aber durch grosse Knappheit und durch Mangel jeglichen Hinweises auf die Figurendetails etwas schwer verständlichen Mittheilungen mit der Angabe, wie bei der Berechnung selber zu verfahren sei.

§ 706. Trotz aller Erfolge im Kalibriren der Walzen des Doppel-T-Eisens nach einer der vorgenannten Methoden ergaben sich doch gelegentlich grössere Hindernisse bei der praktischen Ausführung der Walzarbeit.

Von verschiedenen Seiten, von Erfindern wie von Hüttenwerksleitern, wurde wiederholt der Umstand betont, dass die Schwierigkeit, ein fehlerfreies Walzstück des Doppel-T-Profils zu erzeugen, mit zunehmender Flügelbreite bei gleicher Steglänge und mit gleicher Flügelbreite und Steghöhe, aber bei verminderter Stärke wachse, und hieran die weitere Bemerkung geschlossen, dass auch die Abnahme der Anzahl von Entwickelungskalibern, resp. die Abnahme der Anzahl von Durchgängen die Schwierigkeit weiter steigere.

An der gewöhnlichen Kalibrirungsmethode rügte man weiter den Mangel jeden eigentlichen Verticaldruckes im Sinne der Stärkedimension der Flügel. Diese letzteren müssten sich beim Durchgang vielmehr mit dem Stege strecken, was bei grösserer Breite oder geringerer Dicke um so eher ein Abreissen oder Lostrennen vom Steg zur Folge habe.

Man hielt die Widerstandsfähigkeit eines solchen Walzstückes für nicht mehr gleichmässig und selbst ein fehlerfrei aussehendes Walzstück, streng genommen, nicht als gesund.

Das Material des Steges erschien den Kritikern des Verfahrens als comprimirt, während sie das des Fusses als gespannt ansahen, ein Zustand, den man durch den im Gegensatz üblichen Ausdruck „deprimirt“ kennzeichnen zu müssen glaubte (?!).

Dann wurde besonders die Unmöglichkeit hervorgehoben, überhaupt schwächere Flügel zu erhalten, da kein Verticaldruck existire.

Man betrat nunmehr zwei Wege, um auch für solche Ausnahmefälle zum Ziel zu gelangen.

Ein durchaus neuer Weg war die Construktion eines Universalwalzwerkes für Träger, bestehend aus einem Paar die Innenseiten des Balkens oder Trägers wiedergebender horizontaler Walzen, an welche sich ein Paar verticaler, ganz glatter Walzen anschloss.

§ 707. Dieses von dem bekannten Fabrikationschef Pernot der Firma Petin-Gaudet in St. Chamond construirte Walzwerk ist durch eine Gedächtnissskizze bekannt geworden, die L. Borbely zu Salgó-Tarjan in der Berg- und Hüttenmännischen Zeitung 1877, S. 3, veröffentlicht hat (vgl. Kerpely's Jahresbericht 1876/77, S. 502).

Ungleich dem gewöhnlichen Flacheisen-Universalwalzwerk, bei welchem die Walzenaxen beider Paare in verschiedenen Verticalebenen liegen, befinden sich hier die Axen aller Walzen in derselben Ebene (vgl. S. 632, letzter Satz). Sowohl die horizontalen als auch die verticalen Walzen sind mit Rücksicht der Packethöhe und -dicke entsprechend gestellt.

Das Walzstück wird, durch Leitrollen geführt, von den Horizontalwalzen gefasst und erleidet sowohl einen verticalen als auch einen seitlichen Druck. Der letztere wird durch die Einstellung der Verticalwalzen bewirkt und von beiden Seiten her in vollkommen gleicher Grösse abgegeben; die Grenze für die Grösse des Druckes wird durch Erfahrung bestimmt. Wegen dieses aktiven Seitendruckes gestalten sich die Formveränderungen des Walzgutes bei dem jedesmaligen Durchgang durch die Walzen ganz anders als bei der gewöhnlichen Arbeit, wie sie vorher ausführlich erörtert und dargestellt worden ist.

Zunächst ist die Breitung hier in das Gegentheil verwandelt; das Walzstück wird durch die allmälig sich nähernden Verticalwalzen mit anfänglich starkem, dann stetig abnehmendem Seitendruck fortwährend in horizontaler Richtung gestaucht.

Dann werden die Fussflügel nicht mehr durch Stauchung ausgebildet, sondern durch Druck, indem sie eine wirkliche Breitung im Sinne der (vertical liegenden) Fussbreite durchmachen.

Man wird natürlich darauf zu sehen haben, dass das auf der Fusssohle und auf der entgegengesetzten schrägen Fussfläche weggedrückte Eisen sowohl die Fussspitze ausfüllt, als auch noch zur Streckung des Fusses im gleichen Maass, wie sich der Steg streckt, ausreicht.

Borbely hat versucht, die Kalibrirung für einen Träger von 500 mm Höhe und 250 mm Fussbreite zu construiren und erhielt als 7. Kaliber (vom Fertigkaliber an aufwärts) ein Vorkaliber von nur eben angedeuteter Doppel-T-Form, dessen Dimensionen sind:

Gesammthöhe in der Stegaxe . . .	544 mm,
Fussbreite „ „ „ . . .	140 „
Fussdicke an den Enden	64 „
Stegdicke	116 „

Aus diesen Ziffern ergibt sich, dass in 6 Durchgängen (aus einem oblongen Packet mit allenfalls etwas vorstehenden Kopf- und Fussplatten, das das 7. Kaliber passirt hat) die Trägerhöhe von 544 auf 500 mm durch Stauchung gebracht wird, die Fussbreite von 140 mm auf 250 mm wachsen muss (Breitung durch Seitendruck) und dass endlich die Stegdicke von 116 mm auf 20 mm durch die Wirkung der Horizontalwalzen sich verändert.

Die Uebergänge erfolgen proportional der Temperaturhöhe, d. h. im Anfang sind dieselben am grössten und werden allmälig kleiner. Bezüglich des Materials ist noch zu bemerken, dass im Fall der Packetirung ein Packet mit vorstehenden Fussflügeln einmal ein gewöhnliches Universalwalzwerk passirt, ehe es (mit zusammengestauchten und dadurch dicker gewordenen Füssen) das erste Kaliber des Trägerwalzwerkes passirt. Es wird aber berichtet, dass das 1877 seit 8 Jahren erfolgreich in Thätigkeit gewesene Walzwerk hauptsächlich Blöcke aus den Martin Pernotöfen verarbeitet habe, die in Trägerpacketform (also mit Füssen) gegossen und dann wie angegeben verwalzt wurden. Ob sie und wie weit noch gewärmt werden, geht aus dem Bericht nicht hervor. In demselben Bericht wird noch ein Punkt berührt, der nicht übersehen werden durfte, nämlig die Wirkungen, die aus dem Nichtgeschlossensein des Kalibers während der 6 ersten Durchgänge hervorgehen. Auf den ersten Blick erscheint es auch unmöglich, dass bei solcher Behandlung die Trägerfüsse nicht ohne Risse die Walzen verlassen können, da auf die Fussränder erst in dem Fertigkaliber ein Verticaldruck geübt werden kann.

Es scheint aber, dass der kräftige Seitendruck der Verticalwalzen soviel Material in die Fussspitzen hineinquetscht, dass dieselben die gleiche Streckung wie der übrige Theil des Profils erhalten und ganz bleiben.

Borbely scheint die Walzung tadellos gefunden zu haben, doch wurde von anderen Seiten das Pernot'sche Trägerwalzwerk kaum beachtet. Hollenberg (a. a. O., S. 107), indem er das Princip desselben kurz erwähnt und daneben noch ein bei der Trenton Iron Co. gehendes Walzwerk (in welchem die Stäbe in aufrechter Stellung gewalzt werden) anführt, erachtete den Erfolg dieser Methoden als nicht hinlänglich gesichert und eine Kritik derselben wegen Nichtbekanntseins der Kaliber einstweilen hier unmöglich.

Von anderer Seite sind Kosten für die Anlage, Erhaltung und Bedienung derartiger Walzwerke als weit grösser als bei den gewöhnlichen Kaliberwalzwerken geschildert worden, wogegen betont wurde, dass mit Einführung derartiger Universalwalzwerke dennoch keine wünschenswerthe grössere Unbeschränktheit der Verhältnisse zwischen Steghöhe und Flügelbreite erreicht würde.

Schliesslich wurde geltend gemacht, dass grössere Flügelbreiten nicht mehr egal zu erhalten seien.

In neuester Zeit ist die Frage der Universalwalzwerke für Kreuzeisen und Doppel-T-Träger wieder in den Vordergrund getreten.

Hugo Sack in Duisburg hat ein derartiges Walzwerk in einer Veröffentlichung (Stahl und Eisen 1886, S. 765) und später in einem öffentlichen Vortrag zu Trier im Juni 1887 (vgl. Stahl und Eisen 1887, S. 540) bekannt gemacht. Das Princip der weiter unten bei der Herstellung der Kreuzeisen zu besprechenden Construktion ist das ineinandergreifender Walzscheiben, um anstatt des Pernot'schen und anderer ähnlicher Walzwerke geschlossene Kaliber zu erhalten.

Nach der sehr kurzen Besprechung in der Versammlung zu Trier, in der wesentlich die Ansicht Vahlkampf's zur Geltung kam, hat keine weitere Verhandlung über das maschinell sehr interessante Walzwerk stattgefunden und es wurde auch nicht bekannt, ob eine praktische Ausführung zu Stande gekommen.

§ 708. Aus all diesen Gründen verdient vielleicht der zweite der eingeschlagenen Wege eine gewisse Berücksichtigung, umsomehr als das Princip desselben bereits beim Walzen des einfachen T-Eisens sich in gewissen Grenzen bewährt hat. Wie später gezeigt werden soll, wird durch Wendung um 90^0 in der Walzlage in das einfache T-Profil sowohl die Flügel des Fusses als die Rippe abwechselnd dem Verticaldruck ausgesetzt und es lässt sich für das doppelte T-Profil etwas Aehnliches erreichen, wenn man den Steg etwas geneigt zur Walzlinie und mitten in dieselbe einlegt und wenn man durch Aufbiegen der Fussflügel eine >-<förmige Gestalt zunächst ausbildet. Bei dem einfachen T-Profil hat man ebenfalls schon Aehnliches versucht und durchgesetzt, wie Skizze 21 des Textblattes B zeigt.

Legt man ein solches verbogenes Profil schräg, so dass zwei Flügel vertical, zwei horizontal gerichtet sind und gibt den horizontalen Profiltheilen einen grösseren Druck, wogegen man die verticalen

Profiltheile staucht, so wird es bei wechselnder Lage des Stabes zur Walze möglich sein, in einer verhältnissmässig kleinen Kaliberreihe ein Doppel-**T**-Profil mit gut verdichteten Fussflügeln auszubilden, welches dann nur des Durchganges durch ein rektanguläres Kaliber bedarf, um ein glattes Doppel-**T**-Profil zu geben und in ein genaues Fertigkaliber eintreten zu können.

Ein am 16. November 1876 dem Ingenieur J. F. de Buigne-Gratz in Preussen patentirtes, von Wirth & Co. versendetes Walzverfahren beruhte auf einem derartigen Kalibrirungsmodus und sollte nach Mittheilungen der gedachten Firma in Oesterreich bereits 1877 praktisch eingeführt gewesen sein, scheint aber sonst keinerlei Berücksichtigung in der Literatur gefunden zu haben.

Ausser einer besseren und rascheren Walzung des gewöhnlichen Doppel-**T**-Eisens mit zum Steg rechtwinkeliger Fussfläche beansprucht die Patentbeschreibung für das neue Verfahren die Möglichkeit, **X** oder Doppel-**Y**-Profile zu walzen, was bis dahin noch nicht möglich gewesen sei.

Der Anfangsblock, von flachem oblongen, doch rechteckigem Querschnitt, geht zunächst in ein Kaliber, welches nach einem Durchgang etwas enger gestellt wird und den Stab in gleichem Sinne passiren lassend, den Steg und zwei Flügel A und C (gegenüberliegend) drückt. Wenn dies geschehen, wird der Stab um 180^0 gewendet und zum Druck der Flügel B und D, sowie abermals des Steges geführt. Auch hier finden mehrere Durchgänge mit verschiedener Einstellung statt. Darauf folgen in ganz ähnlicher Weise noch zwei Kaliber, bei denen aber wiederholte Durchgänge nicht mehr so nothwendig erscheinen. Immer stauchen sich die in einem Kaliber flach gelegenen und gedrückten Flügel des Stabes in dem nächstfolgenden, wo sie aufrecht das Kaliber passiren. Die ganze Reihe wird durch das hochkantig gelegte rechteckige Geraderichtkaliber und durch das genaue als Schlichtkaliber dienende Fertigkaliber geschlossen. Es kommen ungefähr acht Durchgänge heraus, wenn man für die ersten beiden Kaliber je zwei Durchgänge rechnet.

Für besonders breitflügeliges Eisen hat der Erfinder noch eine Kalibrirung entworfen, bei welcher nur drei Kaliberpaare von je gleicher Grösse und Form, aber symmetrisch nebeneinander disponirt angeordnet sind, welche der Stab ohne zu wenden nacheinander passirt. Dadurch werden in den beiden Durchgängen alle vier Flügel dem Verticaldruck ausgesetzt (um ein gewisses durch die Kleinheit des Winkels α oder φ vermindert) und auf eine Stärke gebracht.

Sie passen nun alle vier in die verticalen Fusskaliber des nächsten Paares, wo im ersten Durchgang A und C, im zweiten B und D wieder auf gleiche Dicke gebracht werden.

Dasselbe wiederholt sich bei dem Kaliberpaar 5 und 6, aus welchem der Stab in das Geraderichtkaliber für den Fuss und dann in das genaue Schlicht- oder Fertigkaliber übergeht. Es ist bei diesem Passiren gleicher, nur symmetrisch verstellter Kaliber nicht zu vermeiden, dass die im ersten Kaliber des Paares mehr oder minder gedrückten Flügel, welche beim zweiten Durchgang in den dem ungedrückten Umriss entsprechenden Umriss der stehenden Flügel überreichlich Platz finden, einen erheblichen Leerraum neben sich lassen, der bei der stauchenden Wirkung der verticalen Kalibertheile zu Faltungen und Verkrümmungen der Flügel führen kann.

Jedenfalls würde eine genauere Kalibrirung nicht geschadet und auch, entgegen den Behauptungen der Beschreibung, zu keiner Vermehrung des Inventars geführt haben.

Hervorgehoben wird gegen das jetzt gebräuchliche Walzverfahren der Vorzug des Neuen an einem Beispiel, einem Träger von 8 mm Stegdicke, 240 mm ganzer Höhe, 80 mm Fussbreite. Derselbe beanspruche sonst wenigstens 10 auf zwei Walzenpaare vertheilte Kaliber, während sie bei der hier beschriebenen Methode auf einem Walzenpaare untergebracht werden könnten.

Bezüglich des Geraderichtkalibers ist noch zu bemerken, dass dasselbe an den Walzenrand gelegt wird, sobald es eine bedeutende Höhe erreicht. Wie sich die etwaige Seitenwirkung stellt, ist nicht angegeben, aber gewiss nicht in allen Fällen gleichgültig.

Was schliesslich als neue Erfindung bezeichnet wird, ist: Dass der erforderliche allseitige Druck für ein vier- oder mehrflügeliges(?) Eisen in horizontalen Walzen durch Schräglage der Entwickelungskaliber erreicht wird — es geschehe dies mit und ohne Zuhilfenahme weiterer bekannter oder nicht bekannter Vorrichtungen und es sei das fertige Profil des Walzstückes welches immer.

Die weiteren, eine universelle Anwendbarkeit begründen sollenden Aeusserungen sind hier wohl zu übergehen*).

Bahnschienen von symmetrischer Form. Vignoleschienen.

§ 709. Von sehr grosser Wichtigkeit ist in der Kunst des Kalibrirens immer die Eisenspur der Dampfbahnen, die Bahnschiene gewesen, theils wegen der ökonomischen Bedeutung gerade dieses Walzwerkproduktes, theils wegen verschiedener Anforderungen, welche man an dieselbe stellte.

*) Eine ähnliche Kalibrirung für breitflügeliges Eisen wurde etliche Jahre später dem Verfasser bekannt, der sie Hollenberg vorlegte. Wegen der grossen Anzahl von Kalibern waren mehrere Stauchkaliber in die Reihe eingeschaltet, deren ganze Entwickelung von dem genannten Ingenieur als ungünstig bezeichnet wurde.

Das heute fast allgemein übliche und übereinstimmende Schienenprofil besteht aus einem rundlichen Kopf, der in geeigneter Weise in einen dünnen Steg übergeht, der seinerseits aus einem breiten Fuss mit keilförmigen Flügeln hervorwächst.

Es ist dies die Vignoleschiene und wird vorzugsweise in Höhen von 5 Zoll rheinisch oder 131 mm mit einer Fussbreite von $3^3/_4$ Zoll rheinisch oder 98 mm hergestellt. Vorübergehend sind auch Schienen von grösserer Höhe (bis 11 Zoll rheinisch = ca. 288 mm) dargestellt worden, um den Bau der Schienengestänge ohne Holzschwellen zu versuchen.

Früher hatte es sich bei Wahl des Materials als Bedürfniss herausgestellt, den Kopf der Schienen, der dem Verschleiss durch die Einwirkung der Räder ausgesetzt ist, von härterem Material anzufertigen. Man nahm Feinkorneisen oder Puddelstahl oder man cementirte (härtete) die Schienenköpfe. Seit Aufnahme der Flusseisen- und Flussstahlindustrie hat man in allmälig steigendem Maasse das Converterprodukt als Schienenmaterial gewählt und damit ist die früher wichtige Packetirungsfrage fast vollständig in den Hintergrund getreten, da man das Schienenmaterial nunmehr in solche Formen giesst, welche den Verhältnissen der ersten Walzenkaliber genau entsprechen.

Die Fertigstellung der Schienen wird in der Regel auf zwei Walzenpaaren von ca. 5 Fuss (1570 mm) bewirkt, von denen das erste, die Vorwalzen enthaltend, meist so eingerichtet ist, dass es für eine ganze Reihe verschiedener Fertigprofile gebraucht werden kann, an denen die einzelnen Bahnverwaltungen aus verschiedenen Gründen festhalten zu müssen glaubten und noch theilweise glauben.

Wegen der Form des Fusses und seiner verhältnissmässigen Breite hat man sich zur Anwendung stehender Kaliber veranlasst gesehen, welche vor Allem die Aufgabe haben, durch starken Druck und dadurch hervorgebrachte Breitung die erforderliche Fussbreite zu erzielen.

Die Breitung des Fusses wird hierbei durch den Widerstand der nicht gedrückten Theile der Schiene gegen die Streckung begünstigt.

Die Kaliber der Vorwalze zeigen sehr bald die Anfänge der Schienenform (Skizze 10 des Textblattes B) und sind nur selten mehr in der Form der früher besprochenen Schweisskaliber der allgemeinen Vorwalzen gehalten. An stehenden Kalibern findet man auf der Vorwalze eines, auch zwei, oft auch gar keines.

Ein solches lässt den sonst schädlich auftretenden Seitendruck, der durch rasches Schleissen der Walzen befördert wird, thunlichst vermeiden.

Oftmals legt man vortheilhaft ein zweites stehendes Kaliber in die Walze, um sich die Möglichkeit offen zu halten, mit dessen Hilfe eine grössere Menge verschiedener Dimensionen auf der Fertigwalze herzustellen.

Die Wahl und Anwendung der Stauchkaliber erfordert umsomehr Sorgfalt, je breiter der Fuss im Verhältniss zu anderen Dimensionen ist.

Die mehr durchknetende Wirkung der Stauchkaliber war besonders früher wichtig für die Schienenabnahme, da vielfach eine durch solche Knetung begünstigte sehnige Textur verlangt oder vorgeschrieben war.

Hollenberg (a. a. O., S. 109), dem in Vorstehendem wesentlich gefolgt ist, empfiehlt offene, d. h. von der Oberwalze geradlinig begrenzte Stauchkaliber, ohne Eingriff in die Zwischenringe der Unterwalzenfurche, weil sich mit denselben eher eine Aenderung in der Fussbreite z. B. vornehmen lässt.

Ueber die eigentliche Kalibrirung ist Nachstehendes zu bemerken.

Wie bereits in der allgemeinen Bemerkung über das Façoneisenkalibriren angedeutet worden ist, könnte man sich das Schienenprofil als aus einem Rundeisenstab, einem in der Baulage senkrechten und einem wagerechten Flacheisenstab zusammengesetzt denken und danach verfahren.

Es hat sich aber in der Praxis der Schienenwalzerei ein anderes Kalibrirungsverfahren eingebürgert, für welches die Skizzen 9 und 11 der Texttafel B genau gezeichnete Beispiele darbieten, während die Einordnung einer anderen Kalibrirung in die Walzen selbst aus den Skizzen 19 und 20 ersichtlich wird.

Man construirt natürlich, wie bei allen Façonkalibern, vom Fertigkaliber aus, und es ist die erste Aufgabe, nach dem fertigen Profil der Schiene ein „warmes" aufzuzeichnen, d. h. das Schrumpfmaass in der Gesammthöhe des Profils, der Kopfbreite, der Breite und Dicke des Fusses zuzufügen. Die Stegdicke wird besser $^1/_3$ bis $^1/_4$ mm schwächer genommen, da man die Erfahrung gemacht hat, dass trotz aller Sorgfalt bei der Bemessung der aufeinander folgenden Abnahmen der Steg (während der letzten Stadien der Walzarbeit) immer stärker gestreckt wird als Kopf und Fuss und nach dem Verlassen der Walzen sich in der Länge wieder etwas staucht (Daelen a. a. O., S. 8).

Das Abnahmeverhältniss ist schwer mit Sicherheit vorher zu bestimmen; es liegen aber so viele Versuchsresultate für die verschiedensten zur Schienenwalzerei gelangenden Materialien vor, dass man jetzt wohl in der Lage ist, das Richtige zu treffen, ohne mehr als kleiner Nachhilfen zu bedürfen.

Für Schienen mit sehnigem Fuss und Steg sowie mit Feinkorn oder Stahl im Kopf gibt Daelen folgende Abnahmen an (vgl. Taf. II seiner Abhandlung):

	in der Kopfbreite	in der Kopfstärke (untere Schräge)	in der Stegdicke	in der Fussdicke (obere Schräge)	in der Fussbreite
Stauchkaliber . .	—	—	—	—	—
1. Kaliber . . .	—	—	—	6/7	11/12
2. „ . . .	8/9	10/11	2/3	6/7	11/12
3. „ . . .	10/11	10/11	3/4	6/7	11/12
4. „ . . .	10/11	10/11	3/4	6/7	11/12
5. Fertigkaliber .	12/13	19/20	6/7	7/8	12/13

Zwischen der Breite des Stauchkalibers und dem 1. Kaliber existirt, wie aus Vorstehendem ersichtlich, bezüglich der Kopfdimensionen keinerlei Zusammenhang, nur die Fussmaasse sind erkennbar, weil das Stauchkaliber diesen Theil des Profils allein ausbilden hilft.

Die Breitung beträgt constant 1 Linie für die fünf Uebergänge zwischen Stauchkaliber und Fertigkaliber, welches letztere dadurch 5 Linien höher ist als das Stauchkaliber.

§ 710. Aus den Mittheilungen Daelen's über die eisernen und halbstählernen Schienen ist noch hervorzuheben, dass man im letzten Kaliber nicht mehr so stark wie vorher gedrückt hat, weil ein zu starker Druck an dieser Stelle die Innehaltung von Profil und Gewicht unsicher machen würde und auch der Construktion des Kalibers wegen zu Nähten Veranlassung geben könnte.

Die Erreichung des erstgenannten, durch die stets streng geübten Abnahmevorschriften möglichst scharf abgegrenzten Zieles hängt viel von dem Vermeiden von Unregelmässigkeiten ab, die in der nicht gleichmässigen Erwärmung aller Schienenpackete ihren Grund haben.

Die Walze biegt sich je nach dem Hitzegrad der Schienenpackete mehr oder weniger durch und auch die übrigen Theile des Walzwerkes geben mehr oder weniger nach, so dass die Kaliberdimensionen mehr oder minder variiren.

Ist demnach das Fertigkaliber zu sehr Druckkaliber und nicht eigentlich bloss Schlichtkaliber, so wirken die genannten Uebelstände auf die genaue Innehaltung von Profil und Gewicht nachtheilig ein. Ebenso bringt das Offensein des Fertigkalibers, welches ja auf der Mitte des Kopfes getheilt ist (s. Skizze 20), Veranlassung zur Nahtbildung, wenn zu viel Druck vorhanden, zur Bildung einer Fläche dagegen, wenn zu wenig Stoff zur Kaliberfüllung da ist.

Kopf und Fuss nehmen natürlich sowohl in der Breite als auch in der Stärke ab, damit ihr Abnahmeverhältniss, d. h. die wirkliche Querschnittsverminderung, mit der entsprechenden, die Streckung beeinflussenden Veränderung des Steges gleichen Schritt hält.

Daelen berichtet aus der Zeit der Anfänge der Schienenfabrikation, dass damals und auch noch vereinzelt später in allen Kalibern die Füsse gleichstark waren, weswegen trotz der Verwendung sehr guten Eisens keine Schiene ohne Risse im Fuss aus der Walze kam und ausserdem das Kaliber doch nicht immer gefüllt wurde, da der Fuss nicht durch den Druck der Walze gestreckt, sondern durch die Ausdehnung des anderen Theils ausgezogen wurde.

Bezüglich der Gestaltung des Fusses ist noch auf die verschiedene Wirkung der beiden Walzen einige Rücksicht zu nehmen.

Die in der Oberwalze liegende Fussseite wird durch das Material, welches die Reibung des grösseren Kaliberrandes der Unterwalze immer nach oben zu treiben strebt, besser ausgefüllt als die in der Unterwalze liegende Seite. Aus diesem Grunde vertheilt man den Druck der Fussseiten ungleich und drückt oben stärker, unten schwächer, so dass in den Blechschablonen der Kaliber die oben liegenden Fussseiten stets schlanker und länger, die unten liegenden kürzer und breiter erscheinen.

Dies findet natürlich abwechselnd rechts und links statt, so dass derselbe Fussflügel bei jedesmaliger Drehung des Stabes um 180^0 abwechselnd gedrückt, gestreckt und gestaucht wird.

Schon das Stauchkaliber, welches gewöhnlich die Vermittelung der Vor- und der Fertigkaliber bildet, gibt den Fussflügeln ungleiche Länge. Eine dem Verfasser vorliegende Kalibrirung für Puddelstahlschienen weist eine Flügelbreite von 36,5 gegen 45 mm auf (so gemessen, dass die Seiten des Stauchkalibers bis auf die Fussfläche verlängert werden und nunmehr der Abstand der Schnittpunkte bis zur Fussspitze allein in Betracht kommt).

Die Ungleichheit wird bei dem Kalibrirungsverfahren so zur Ausführung gebracht, dass der nach unten zu legende Fussflügel, wie ihn die Constructionsmethode ergibt, um ein Gewisses verstärkt wird, das nach Daelen's Angabe ein Drittel bis die Hälfte der Dickenabnahme des Fusses im 1. Kaliber betragen kann. Für Eisen kann man die grössere, für Flusseisen und Stahl nur die kleinere Verstärkung anwenden.

§ 711. Die Verzeichnung selbst, wie sie Daelen angegeben, beruht auf ähnlichen Methoden wie die der Kalibrirung des Doppel-T-Trägers (Skizze 1).

Das Fertigkaliber oder Warmprofil wird in gerade Linien zerlegt, was die Abtragung der Abnahmen erleichtert, dann werden von der oberen Seite des Kopfes (bei aufrechtstehendem Profil) die Breitungen aufgetragen, welche, wie bereits angegeben, für eiserne und für aus Eisen und Stahl zusammengesetzte Schienen 1 Linie betragen können, für Stahlschienen aber geringer sein müssen. Die letzte der so erhaltenen Linien ergibt die Höhe des Stauchkalibers, welches die in der Vorwalze entstandene Breitung auf das zur Erreichung der Schienenhöhe erforderliche Maass zurückführt.

Es entstehen dadurch fünf Kaliber der Fertigwalze in geradlinigen Umrissen und werden hierauf einzeln abgerundet aufgezeichnet, wie sie in der Walze eingedreht werden sollen, nachdem das über die Anordnung der Fussflügel und den verschiedenen Druck derselben Gesagte beachtet worden ist.

Von den von Daelen gegebenen Construktionen ist hier nur die für Stahlschienen aufgezeichnete in den Skizzen 9 und 11 angegeben, welche eine etwas andere Zerlegung des Umrisses in gerade Linien erkennen lässt als die Eisenschienenkalibrirung.

Bei letzterer besteht der Umriss des Steges nur aus convergirenden Linien, d. h. bei der Zerlegung des Warmprofils entstehen auf beiden Seiten des Steges zwei unter sehr stumpfem Winkel sich schneidende Flächen. Auch gehen diese Flächen ohne weitere Vermittelung in die Fuss- und Kopfinnenflächen über.

Bei der Stahlschienenkalibrirung, welche als das für jetzt nur noch allein maassgebende Beispiel der Daelen'schen Construktion zur Wiedergabe ausgewählt wurde, zerfällt der Umriss des Steges in drei verschiedene Linien, eine der Axe des Profils parallele in der Mitte und zwei damit sich schneidende darüber und darunter. Die erstere vermittelt den Uebergang zur Kopfinnenfläche, während die zweite für den Uebergang zur Fussinnenfläche noch nicht ausreicht, sondern einer weiteren Vermittelung bedarf, die nach den für die Fussdicke geltenden Abnahmegesetzen weiter kalibrirt wird.

Die Abnahmeverhältnisse sind folgende:

	in der Kopfbreite	in der Kopfstärke (untere Schräge)	in der Stegdicke	in der Fussdicke	in der Fussbreite	im Uebergang von Kopf zu Steg	im Uebergang von Steg zu Fuss
Stauchkaliber .	—	—	—	—	—	—	—
1. Kaliber . . .	9/10	—	—	13/14	13/14	—	—
2. " . . .	11/12	17/18	3/4	13/14	13/14	6/7	3/4
3. " . . .	11/12	17/18	3/4	13/14	13/14	3/4	3/4
4. " . . .	11/12	17/18	3/4	13/14	13/14	3/4	3/4
5. " . . .	11/12	17/18	3/4	13/14	13/14	3/4	3/4
6. " . . .	15/16	29/30	6/7	13/14	15/16	6/7	6/7

Die Breitung ist, wie angegeben, kleiner als eine Linie, aber vollkommen gleichmässig. Bei der Fig. 11, wo die Umrisse gerundet sind, ist die Correktion der Fussflügel in der früher angegebenen Weise durchgeführt, was man daran erkennt, dass die punktirten Hilfslinien der Fussinnenfläche nicht immer miteinander in der Profilaxe zusammentreffen oder sich schneiden.

§ 712. Die zu der gedachten Kalibrirung gehörigen Vorwalzenkaliber sind in Fig. 10 der Texttafel B reproducirt.

Bei der Bestimmung des ersten Kalibers geht man stets von den Abmessungen des Materials aus, wobei immer zu berücksichtigen ist, dass die Abnahme nicht so stark sein darf wie in den folgenden Kalibern, weil sonst die Walzen nicht gut greifen und jede dadurch hervorgerufene Verzögerung an dieser Stelle der Arbeit am verderblichsten wirken würde.

Für die Eisenschienenkalibrirung hatte Daelen eine Grösse des vorgeschmiedeten Packets von $7^1/_2 \times 7^1/_2$ Zoll (197 mm Quadrat) angenommen. Dasselbe Maass dürfte auch der für die hier wiedergegebene Kalibrirung als Ausgangspunkt genommene Stahlblock gehabt haben, da das Kaliber ungefähr diese Breite hatte. Die erste Abnahme betrug für Eisen $^1/_7$, für Stahl ist sie nicht angegeben worden, muss aber unbedingt schon deshalb grösser genommen worden sein, weil die Breitung eine sehr geringe ist und er nur geringen Seitendruck verträgt. Es wird also wohl meist mit Verticaldruck gestreckt werden müssen und besonders in den ersten Stadien.

Während nunmehr so das erste Kaliber der Vorwalze sich mehr nach dem Materialmaass richtet, wird das letzte Kaliber der Vorwalze nach dem dem Stauchkaliber der Fertigwalze folgenden ersten liegenden Kaliber derselben gebildet, nur kann der Fuss viel stärker als im gegenseitigen seitherigen Wachsthumsverhältniss gehalten werden, da er ja im Stauchkaliber erst vorgebildet wird.

Das zweite Kaliber ist für Schweisseisen wie für Flusseisen und Stahl ein liegendes Kaliber, vor welchem das Material um 90^0 gedreht wird; die Abnahme beträgt für Eisen $^1/_5$ bis $^1/_4$, für Stahl ergibt sie sich aus den Zeichnungen von Daelen an der gleichen Stelle auf $^2/_7$.*)

*) Die in der Fig. 1, Taf. V der Daelen'schen Schrift eingeschriebenen Maasse entsprechen theilweise nicht der in natürlicher Grösse gegebenen Zeichnung. Eine Reduktion von $^4/_7$ für den Steg, die dann plötzlich auf $^3/_4$ übergeht, ist an sich nicht möglich; die Messung und Rechnung ergibt gleich für den ersten Uebergang $^5/_7$.

Beim dritten Kaliber gehen die Verhältnisse auseinander und Daelen schaltet hier bei Eisen ein Stauchkaliber ein, während er bei Stahl und Flusseisen mit liegenden Kalibern einfach fortfährt, die vom zweiten Kaliber der Fertigwalze aus unter bestimmter Höhenzunahme aufwärts kalibrirt worden sind. Beim Schweisseisen folgten dem Stauchkaliber noch die übrigen Vorwalzkaliber zwar mit deutlicher accentuirter Schienenprofilsform, aber nicht ohne gewisse Unregelmässigkeiten in den Abnahmen, die aber bei der Nachgiebigkeit des Materials nicht gerade zu Walzfehlern geführt haben.

Für das Flusseisen (von Daelen mit Gussstahl wiederholt bezeichnet) gelten die nachstehenden Abnahmeverhältnisse, die in der Skizze 10 des Textblattes B zum Ausdruck kommen.

	Kopfbreite	Breite im Steg	Kopfdicke	Fussdicke	Fussbreite
1. Kaliber	—	—	—	—	—
2. „	—	$^5/_7$	—	—	—
3. „	—	$^5/_7$	—	—	$^{11}/_{12}$
4. „	$^4/_5$	$^5/_7$	$^{11}/_{12}$	$^5/_6$	$^{11}/_{12}$
5. „	$^5/_6$	$^5/_7$	$^{11}/_{12}$	$^5/_6$	$^{11}/_{12}$

Zu bemerken ist hinsichtlich der graphischen Aufzeichnung noch, dass die Stegbreiten in den vier letzten Kalibern mit dem Walzendruck zusammenfallen, und dass Daelen die Reihe mit demselben Stauchkaliber geschlossen hat, mit welchem er die Reihe der Fertigkaliber beginnt.

Bei den Vorkalibern der Stahl- und Flusseisenschienen finden ähnliche Veränderungen der Fussdicken in beiden Flügeln statt, wie bei den Fertigkalibern der Eisen- und Stahlschienen bereits erwähnt sind. Die punktirten Hilfslinien zeigen, dass die gleiche Alternirung Platz gegriffen.

§ 713. Es erscheint nicht überflüssig, hier noch auf die Construktion der Schienenkaliber für drei Walzen übereinander hinzuweisen, da grosse Leistungen nur durch diese Trios oder durch Reversirwalzwerke möglich sind.

Daelen gibt hierüber die folgenden praktischen Winke (a. a. O., S. 10).

Vor den Kalibern der Fertigwalze sollen alle, ausser dem Stauch- und dem Fertigkaliber, direkt übereinander gebraucht werden, weshalb man sie so ordnen muss, dass immer gleichartige übereinander sich befinden, deren Breiten gleiche sein können.

Man construirt die Kaliber zuerst so, als ob sie für zwei Walzen dienen sollten, und schneidet hiernach auch die Papierchablonen aus. Dann zeichnet man zwei zusammengehörende, d. h. im Trio übereinanderzulegende Kaliber so ineinander, dass die Umrisse der Seiten beider, welche auf der Mittelwalze eingedreht werden sollen, ineinanderlaufen.

Es sind dabei natürlich Abweichungen, namentlich auf der inneren Kopf- und Fussseite, bemerklich, welche man dadurch ausgleicht, dass man die schliessliche Contour in die Mitte beider Linien legt. Was dadurch am Querschnitt verloren geht, muss auf den anderen Seiten der ohnehin unsymmetrischen Profile zugesetzt werden, um die gleichen Querschnittsabnahmen zu behalten.

Noch ist zu beachten, dass die Breitung vom Stauchkaliber bis zum Fertigkaliber halb so gross nur sein kann wie bei dem gewöhnlichen Walzenpaar, da ja zwei Kaliber stets gleiche Breite haben.

Bei der Kalibervertheilung auf Vor- und Fertigwalze kann man bedeutend mehr Kaliber auf die Vorwalze bringen als bei einfachen Paaren, selbst wenn man von dickeren Materialstücken ausgehen sollte.

Daelen erblickt darin einen Vortheil, weil das oft nöthige Nachdrehen der Fertigwalze dann weniger Zeit und Arbeit kostet.

Die Frage der Triowalzwerke für Schienen ist bekanntlich vorzugsweise durch die Nordamerikaner in Fluss gebracht worden und die Taf. XXXVI und Fig. 142 und 143 dargestellten Block- und vollständigen Walzwerke haben die Bewunderung der Techniker sehr lebhaft erregt. Ueber die Vorzüge der Trios oder der Reversirwerke soll später einiges mitgetheilt werden; hier mögen noch Daelen's Ausführungen über die Vortheile des Vor- und Rückwärtswalzens als praktische Resultate Platz finden.

Ein Hauptvorzug besteht hauptsächlich darin, dass das zu walzende Stück in der Hälfte der bei gewöhnlicher Einrichtung erforderlichen Zeit fertig wird und dass dadurch die Hitze besser ausgenützt und oft ein abermaliges Erwärmen entbehrlich wird. Dann ist eine Ersparniss an Menschenkräften damit verbunden und man kann mit einer Dreiwalze fast die doppelte Leistung einer gewöhnlichen erzielen.

Die Walzarbeit selbst wird bedeutend dadurch erleichtert, dass das einzusteckende Ende vorher die Walze verlassen hat, also vollkommen zusammengedrückt ist, während das Vorderende des Stabes oft weit aufklafft und dann von den Walzen nicht so leicht gefasst wird.

Ein Vortheil wird schliesslich noch darin gesehen, dass beim Vor- und Rückwärtswalzen kleine Unregelmässigkeiten der Streckung in den Kalibern sich nicht so leicht addiren und zu Spannungen Veranlassung geben, sondern ausgeglichen werden.

Bezüglich der Kalibrirungsfragen der Vignoleschienen schliesst sich Dickmann wesentlich den beiden anderen Autoren an, indem er das Schienenprofil nach ausgeführter Begrenzung des Kopfes durch gerade Linien als ein Doppel-T-Eisen von ungleich dicken und hohen Flügeln ansieht.

Die Berechnung kann daher in durchaus gleicher Weise ausgeführt werden wie bei einem solchen Doppel-T-Eisen, wo man auch für jeden Flügel die Zusammendrückung nach Maassgabe der Streckung im Stege bestimmen muss.

Die Abrundung zur Erlangung des wirklich verlangten Profils kann nach Aufriss des in solcher Weise bestimmten, ungleichfüssigen Doppel-T-Eisens leicht ausgeführt werden, ohne eine ungleiche Spannung hervorzurufen.

Dickmann gibt für den Oberdruck den Anhalt, dass eine Ungleichheit in der Ausdehnung von $^1/_{10}$—$^1/_6$ je nach der Temperatur des Stabes zulässig ist, und dass man nach Bestimmung der Kaliber für gleiche Ausdehnung, nunmehr den in der Oberwalze liegenden Theil, vom Fertigkaliber ab um $^1/_{20}$, $^1/_{18}$ etc. vermindert.

Man könnte auf diese Weise Schienen ebenso vollkommen auswalzen als Doppel-T-Eisen und ohne von dem durch die Form der Schienen gegebenen Vortheil eines Stauchkalibers, in welchem der Fuss sich willig breiten lässt, weil der Steg und Kopf der Schiene, die keine Streckung erleiden, auch den Fuss zurückhalten.

Die hierdurch veranlasste Ungleichheit in der Verlängerung der einzelnen Profilelemente wird von Dickmann in den folgenden Kalibern ausgeglichen.

Grubenschienen von symmetrischer Form.

§ 714. Man walzt die Grubenschienen gewöhnlich nach derselben Methode wie die Eisenbahnschienen, indem man stehende Kaliber zu Hilfe nimmt. Man reicht aber gewöhnlich mit einem Walzenpaar aus und geht mit dem Stab direkt aus der allgemeinen Vorwalze in dasselbe über.

Die Kalibrirung war bereits früher dadurch eine einfache, dass das Material der Grubenschienen ein homogenes, nicht aus verschiedenen Eisensorten für Kopf und Fuss bestehendes war.

Hollenberg gibt S. 117 seiner Abhandlung mehrere Beispiele, die hier folgen.

$2^1/_4$zöllige Schienen. (Maasse in Linien.)

	Höhe	Fussbreite	Stegdicke	Kopfdicke	Unterschiede Höhe	Unterschiede Fuss
1. Kaliber liegend . . .	32,5	27,5	17,75	17,5		
2. „ stehend . . .	25,5	31,5	18,75	18,5	—7	+4
3. „ liegend . . .	26,75	30	9	14,5	+1,25	—1,5
4. „ stehend . . .	24,5	33	15,5	15	—2,25	+3
5. „ liegend . . .	27	28	4	13,5	+2,5	—5
6. „ „ . . .	28	25	3,5	12,5	+1	—3

Die negativen Zahlen bedeuten den Druck, die positiven die Breitung der betreffenden Dimensionen.

2zöllige Schienen. (Maasse in Linien.)

	Höhe	Fussbreite	Stegdicke	Kopfdicke	Unterschiede Höhe	Unterschiede Fuss
1. Kaliber liegend . . .	28	27	18	17,5		
2. „ stehend . . .	21	29,5	18,25	18	+7	+2,5
3. „ liegend . . .	22	25,5	8,5	13,5	+1	—4
4. „ stehend . . .	20	27,75	14	13,5	—2	+2,25
5. „ liegend . . .	23	22,5	4,5	12	+3	—5,25
6. „ „ . . .	24	19,75	3	11	+1	—2,75

$1^3/_4$zöllige Schienen. (Maasse in Linien.)

	Höhe	Fussbreite	Stegdicke	Kopfdicke	Unterschiede Höhe	Unterschiede Fuss
1. Kaliber liegend . . .	23,5	19,5	12,75	12,25		
2. „ stehend . . .	18,5	24	14	13	—5	+4,5
3. „ liegend . . .	20,5	20,5	6,75	12,5	+2	—3,5
4. „ stehend . . .	18	22,75	12	11,75	—2,5	+2,25
5. „ liegend . . .	20	20	4	10,5	+2	—2,75
6. „ „ . . .	21,25	19	3,25	10	+1,25	—1

Von den folgenden, mit nur einem Stauchkaliber ausgerüsteten Beispielen mag hier noch eins folgen:

$2^{1}/_{2}$zöllige Schienen. (Maasse in Linien.)

	Höhe	Fussbreite	Stegdicke	Kopfdicke
1. Kaliber liegend . . .	38,5	35	15,25	21,5
2. „ stehend . . .	22	43	23	22
3. „ liegend . . .	35	28,5	7	17
4. „ „ . . .	29,25	32	5	15,5
5. „ „ . . .	30	30	4,5	14

Der Druck vom vorletzten zum Fertigkaliber ist, wie beim Walzen der grossen Schienenprofile, nur gering. Man ordnet zweckmässig zwei Fertigkaliber an, damit beim nothwendigen starken Druck die Walzen nicht zu sehr leiden.

Einfaches T-Eisen.

§ 715. Das T-Eisenprofil ist dem der Vignoleschiene, wenn auch nicht sehr (Daelen), doch ähnlich, und kann die Kalibrirung des ersteren von der der letzteren leicht abgeleitet werden. Noch einfacher erscheint die Ableitung, wenn man von der des Doppel-T-Eisens ausgeht, und Daelen verfährt auch einfach so, indem er seine in der Skizze 1 zur Hälfte wiedergegebene Kalibrirung für Doppel-T-Eisen auch brauchbar für T-Eisen ansieht, wenn eben nur die in der Skizze erscheinende Hälfte benutzt wird. Nur die Einlage eines Stauchkalibers mit geringer Abnahme wird als nöthig erachtet, um das Ende des Steges abzurunden.

Ist der Fuss im Verhältniss zum Steg sehr breit, so wird empfohlen, ein Stauch- und ein Flachkaliber abwechselnd anzuwenden.

Für T-Eisen mit hohem und dünnem Steg wird das Walzen eines Doppel-T-Stabes und sein Zerschneiden der Länge nach durch Circularscheere als rathsam erachtet.

Ausführlicher besprechen Hollenberg und Dickmann die Kalibrirung des T-Eisens und weisen besonders auf den Vortheil hin, die Kaliber abwechselnd stehend und liegend in den Walzen anzuordnen.

Es soll dabei berücksichtigt werden, dass die Kaliberwände für die stehend durchgehenden Stabtheile so weit sich konisch zu gestalten haben, dass die Stäbe sich leicht von den Walzen lösen.

Dies ist besonders bei den an das Fertigkaliber angrenzenden Kalibern äusserst wichtig, weil daselbst das Material, soweit es zu Fuss oder Steg gehört, in dem betreffenden Stabtheil bleiben muss und nicht mehr in den anderen übertreten darf.

Wird dies nicht beachtet, so entsteht leicht eine ungleiche Streckung in beiden Stabtheilen und der stärker gestreckte zeigt dann Neigung zum Welligwerden.

Das letzte Kaliber legt man daher gern so, dass der Steg vertical steht, weil dann das Welligwerden desselben überhaupt nicht leicht eintritt und, wenn es sich zeigt, durch geringe Nacharbeit beseitigt werden kann.

Dasselbe besteht, einer späteren Bemerkung Hollenberg's nach (a. a. O., S. 101), wesentlich in geringem Anstellen der Oberwalze, vorausgesetzt natürlich, dass das Endkaliber ein stehendes ist. Das geringste Anstellen, d. h. Niedrigerstellen der Oberwalze bringt in solchem Kaliber sofort eine sehr verschiedene Streckung von Steg und Fuss hervor, da im Steg nur seine Breite mal der Anstellung, im Fuss dagegen die ganze Breite mal der Anstellung weggedrückt werden. Dies ist das Vier- bis Fünffache an Querschnitt, und man wird durch Versuche sehr bald die Einstellung gefunden haben, welche eine vorherige zu starke Streckung des Steges, die sein Welligwerden hervorgerufen hat, rasch ausgleicht oder aufhebt.

Hollenberg empfiehlt besonders bei noch unversuchten Profilformen einen geradlinigen Abschluss des Kalibers in der Oberwalze, so dass dasselbe bei nicht völliger Anstellung theilweise offen erscheint.

§ 716. Hollenberg gibt eine ganze Reihe von Beispielen für Kalibrirung von T-Eisen, unter denen die folgenden ausgewählt worden sind.

Die benutzten Dimensionen sind:

- *h.* Steghöhe von dem Scheitel bis an die äussere Fussfläche gemessen;
- *o.* Stegdicke in der Fussfläche, durch Verlängerung der Seiten ermittelt;
- *u.* Stegdicke am Scheitel;
- *b.* Fussbreite in der Aussenfläche gemessen;
- *d.* Fussdicke an der Spitze, der Fussumriss geradlinig gedacht;
- *e.* Fussdicke in der Axe des Profils, durch Verlängerung der Schrägen ermittelt.

I. T-Eisen von 5 Zoll (131 mm) Fussbreite und $4\frac{3}{8}$ Zoll (115 mm) Steghöhe. (Hollenberg, Beispiel XIII.) Maasse in Linien.

	h.	*o.*	*u.*	*b.*	*d.*	*e.*
1. Kaliber liegend ⊣ . . .	75	62,5	62,5	84	31	—
2. „ „ ⊢ . . .	78,5	45	44,5	75	38	—
3. „ stehend T . . .	70,5	45	45	86	19,5	31,25
4. „ liegend ⊣ . . .	73,25	35	34	75,5	20,5	26
5. „ „ ⊢ . . .	75,5	22,5	20,5	66	18	22
6. „ stehend T . . .	62,5	21,5	21	73	13	16
7. „ liegend ⊢ . . .	64,5	15,25	13	71	11,25	13,5
8. „ „ ⊣ . . .	67,0	10,5	8	60	10,5	15
9. „ stehend T . . .	57	10,5	8	60,5	9	10
10. „ liegend ⊢ . . .	79	7,5	4,5	67,5	10	13
11. „ stehend T . . .	53	7,75	4,5	60,5	4	5,5

II. T-Eisen von 3 Zoll (79 mm) Fussbreite und gleichem Steg. (Hollenberg, Beispiel I.) Maasse in Linien.

	h.	*o.*	*u.*	*b.*	*d.*	*e.*
1. Kaliber liegend	49	24	19,5	40	16,5	29,5
2. „ stehend	38	22,25	20,25	45	11	14,5
3. „ liegend	48	12	9,25	35,5	10,75	10,75
4. „ stehend	$38\frac{1}{4}$	11,25	9,50	40	6,5	7,25
5. „ liegend	$47\frac{3}{4}$	5	4,—	33,5	6	7,5
6. „ stehend	$36\frac{1}{4}$	5	4,5	36,5	3,25	3,5

III. T-Eisen von 70 mm Fussbreite und 40 mm Steg. (Hollenberg, Beispiel V.) Maasse in Millimeter.

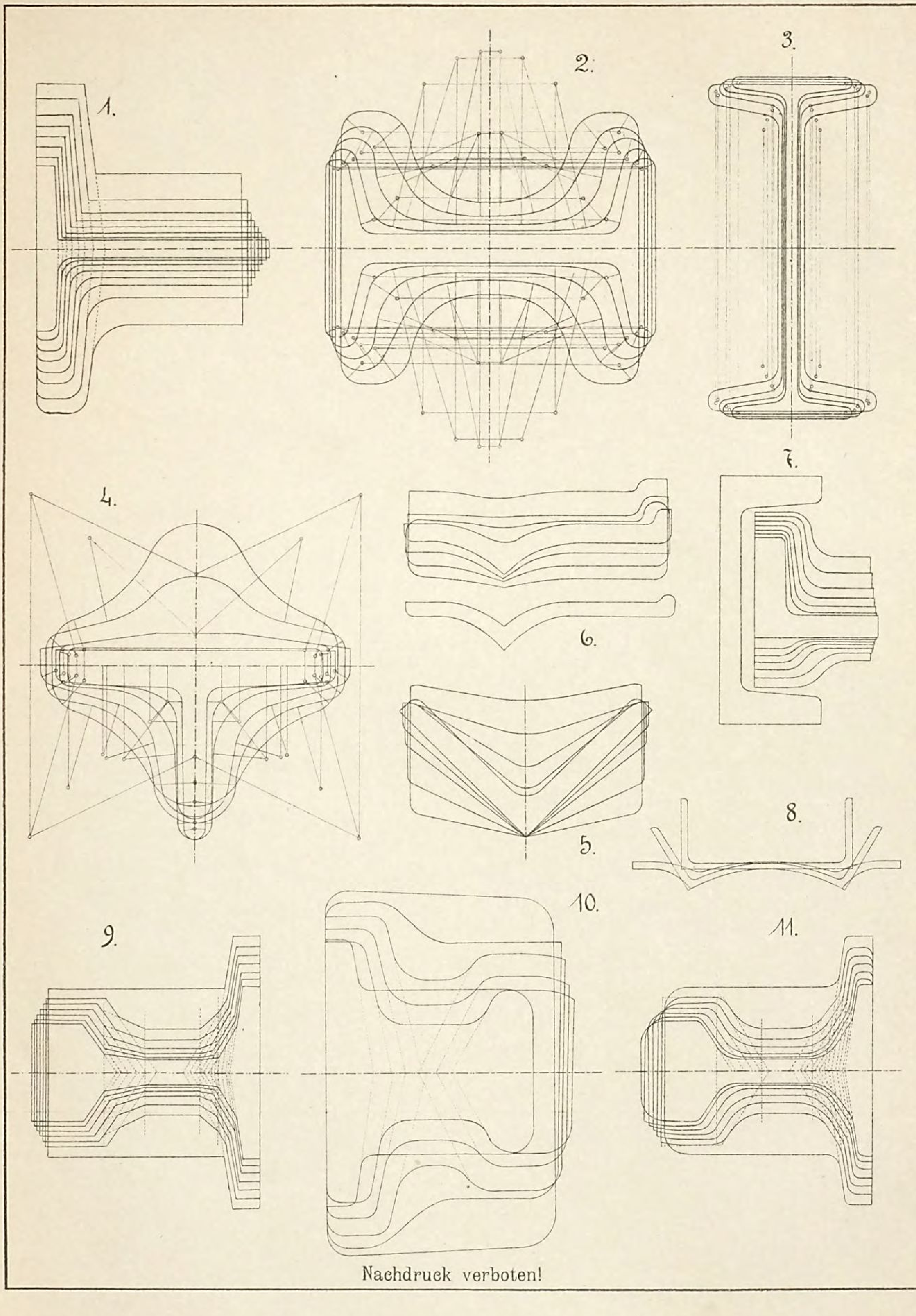
	h.	*o.*	*u.*	*b.*	*d.*	*e.*
1. Kaliber liegend	56	—	30	57,5	30	35
2. „ stehend	41	—	30	68	18	23
3. „ liegend	46,5	20	17	64	16	20
4. „ stehend	35	21	17	73	9,5	7,5
5. „ liegend	40	13	8	71,5	10,0	8
6. „ „	42	10	6	69,5	9	7
7. „ stehend	40	7,5	6,5	70,5	7	6

IV. T-Eisen von $\frac{3}{4}$ und $\frac{3}{4}$ Zoll und $\frac{3}{4}$ und $\frac{5}{8}$ Zoll. (Hollenberg, Beispiel III.) Maasse in Linien.

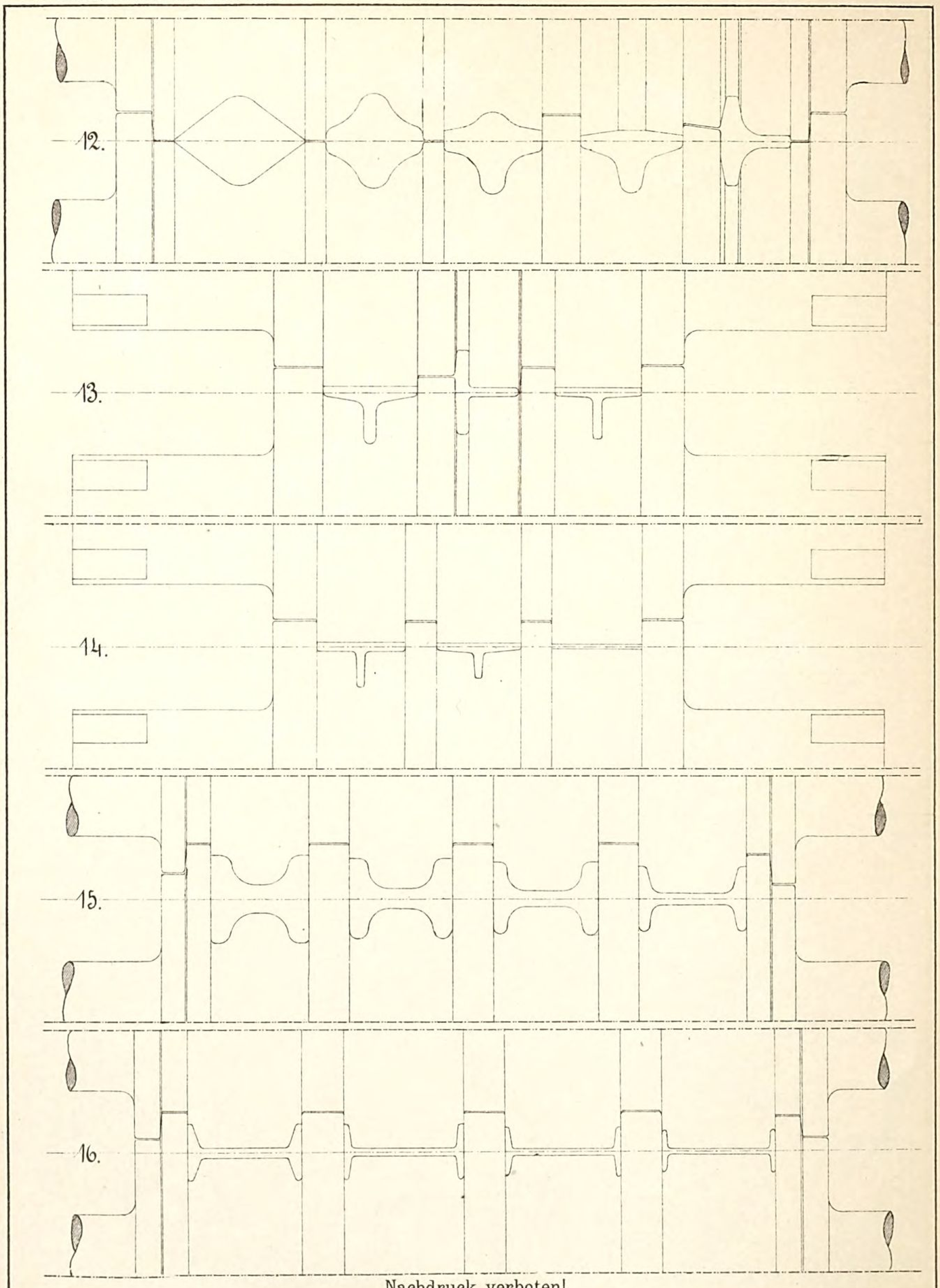
	h.	*o.*	*u.*	*d.*	*b.*	*e.*
1. Kaliber liegend	12	5	3,25	8,25	4,25	9
2. „ stehend	10,25	4,5	3,5	12,5	2,5	4
3. „ liegend	13	2,125	1,25	7,25	2,5	3
4. „ stehend	9	2	1,5	9	1,5	1,75
5. „ „	7,5	1,75	1,5	9	1,5	1,75

Der Uebergang nach Kaliber 5 geschieht von 3 aus mit Ueberschlagung von 4.

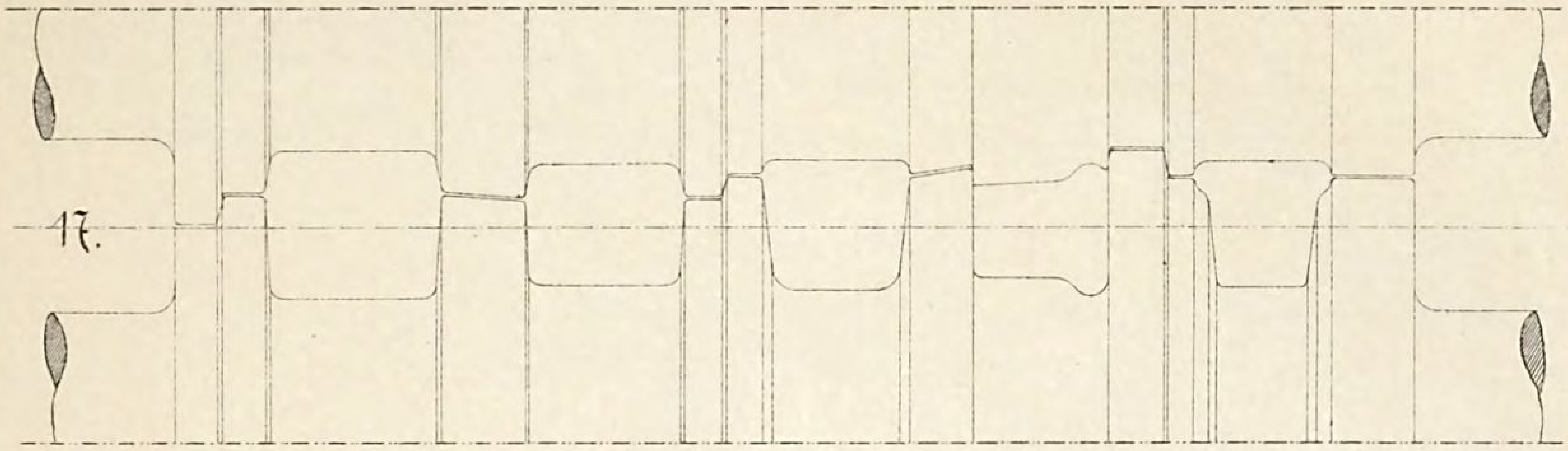
§ 717. Bei den stehenden Kalibern, deren Steg ganz in der Unterwalze liegt, findet man fast überall einen sehr grossen Druck auf denselben und es ist in Folge der eintretenden Stauchung des Stegscheitels natürlich, dass da ein Einklemmen des Stegs stattfindet, falls die Conicität oder der Scheidewinkel der Stegflächen nicht gross genug ist.



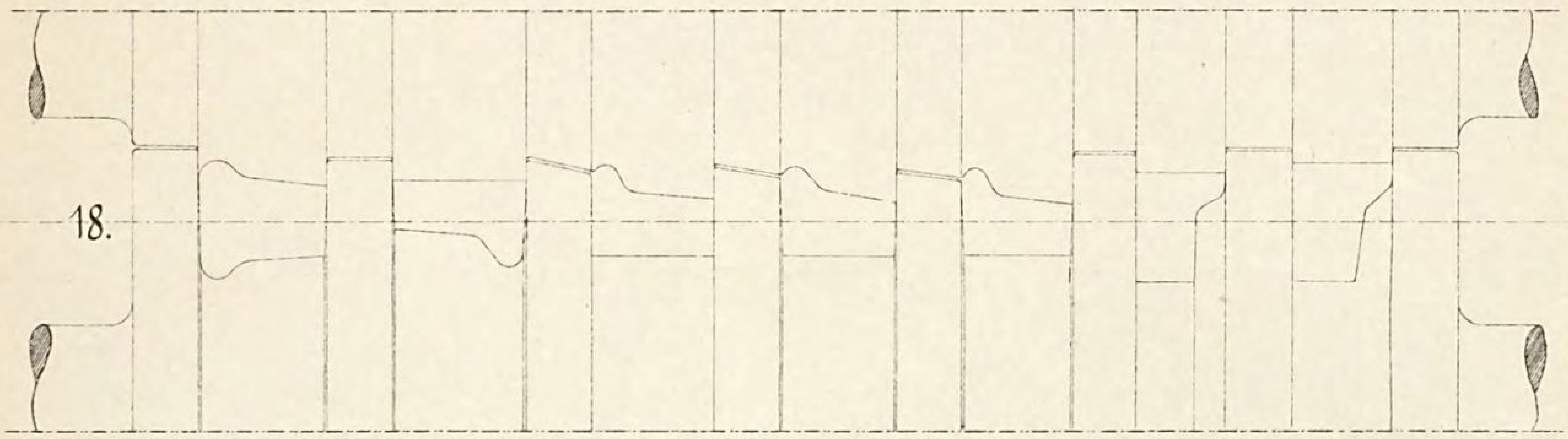
Nachdruck verboten!



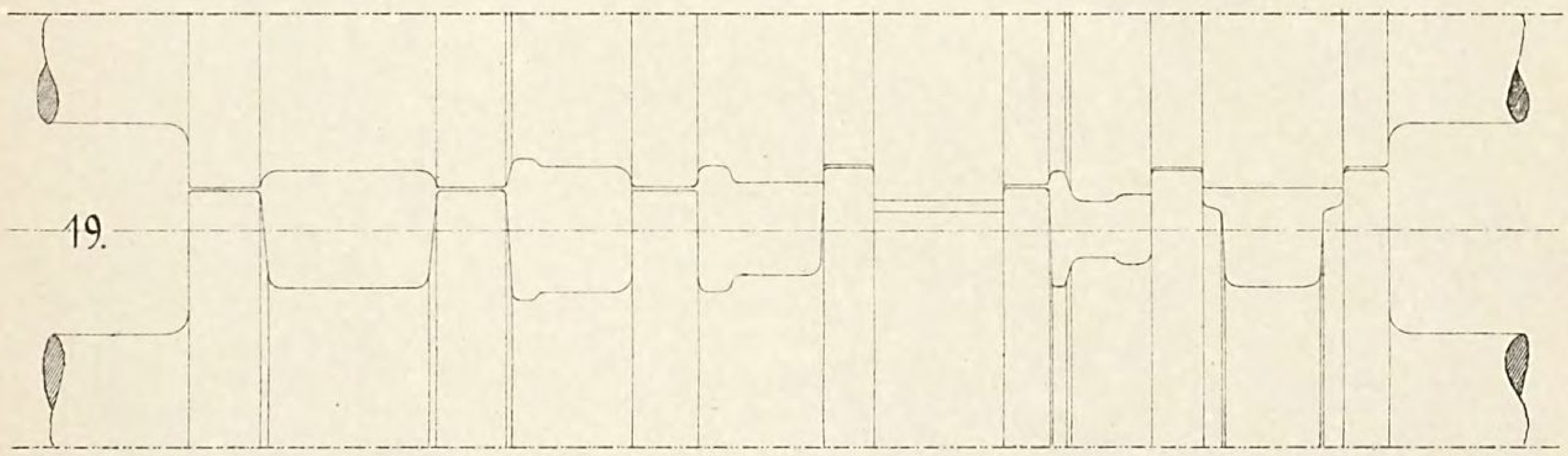
Nachdruck verboten!



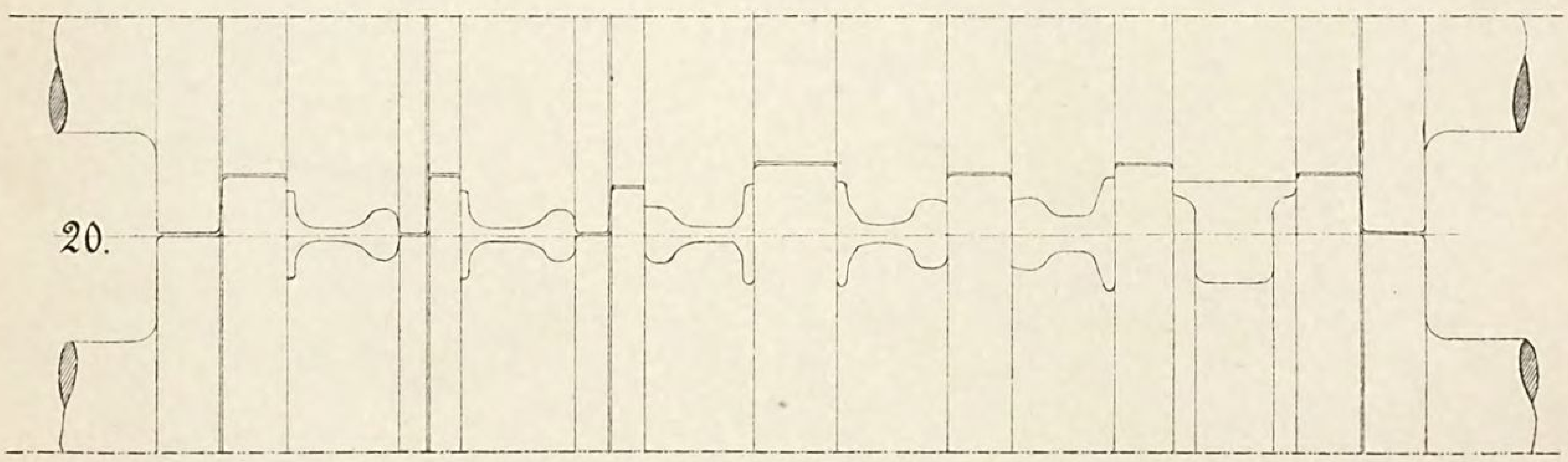
17.



18.



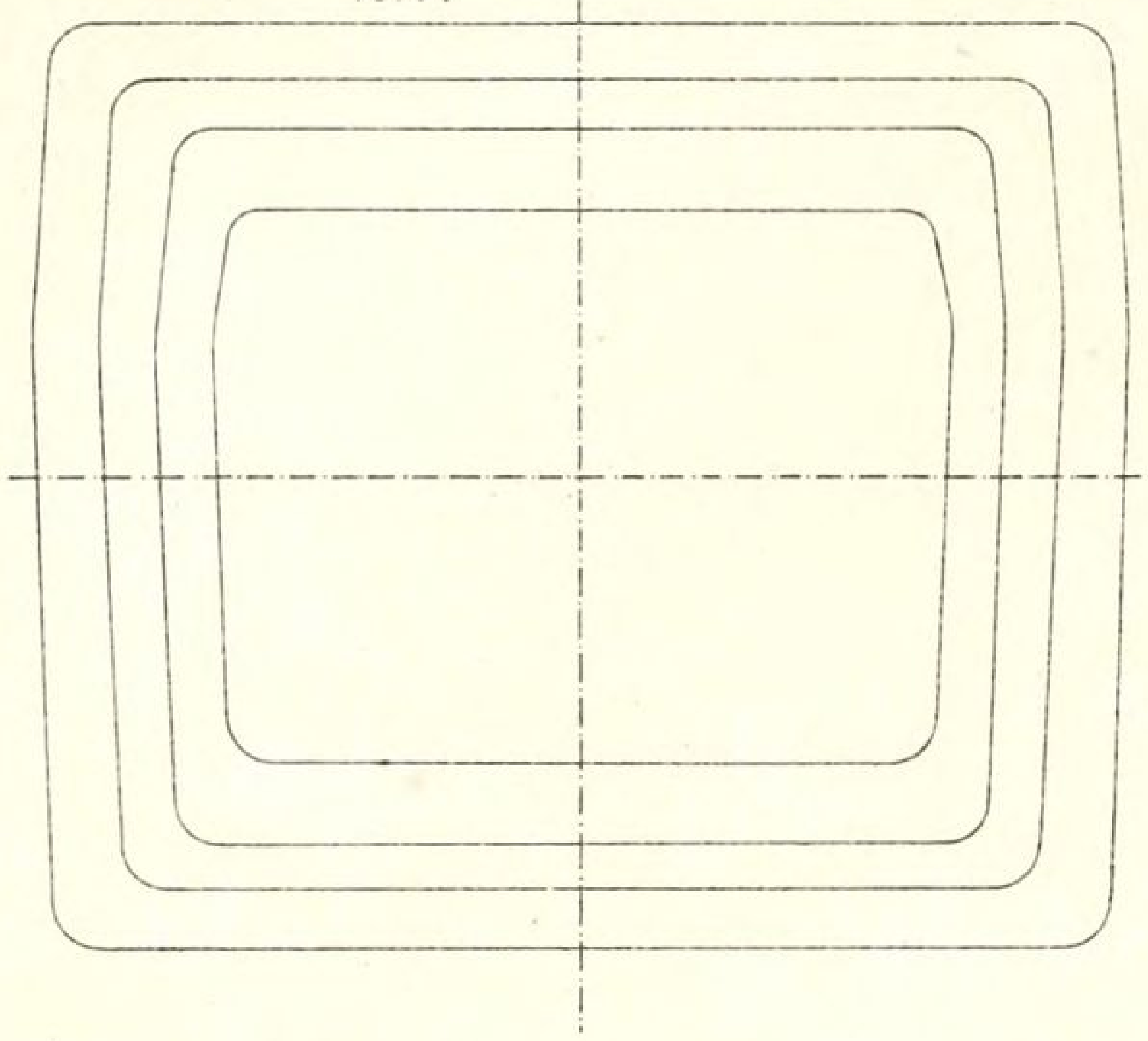
19.



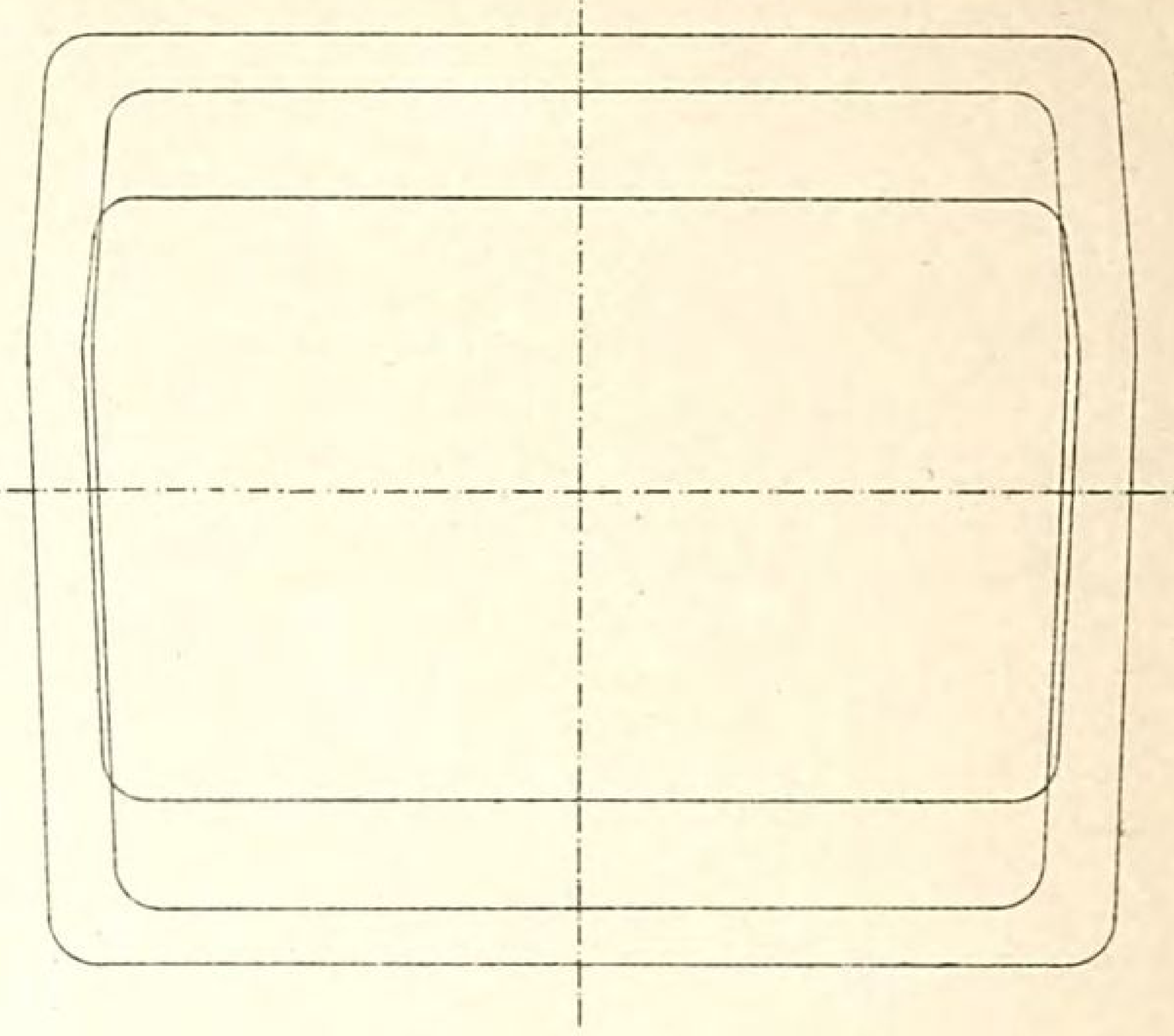
20.

Nachdruck verboten!

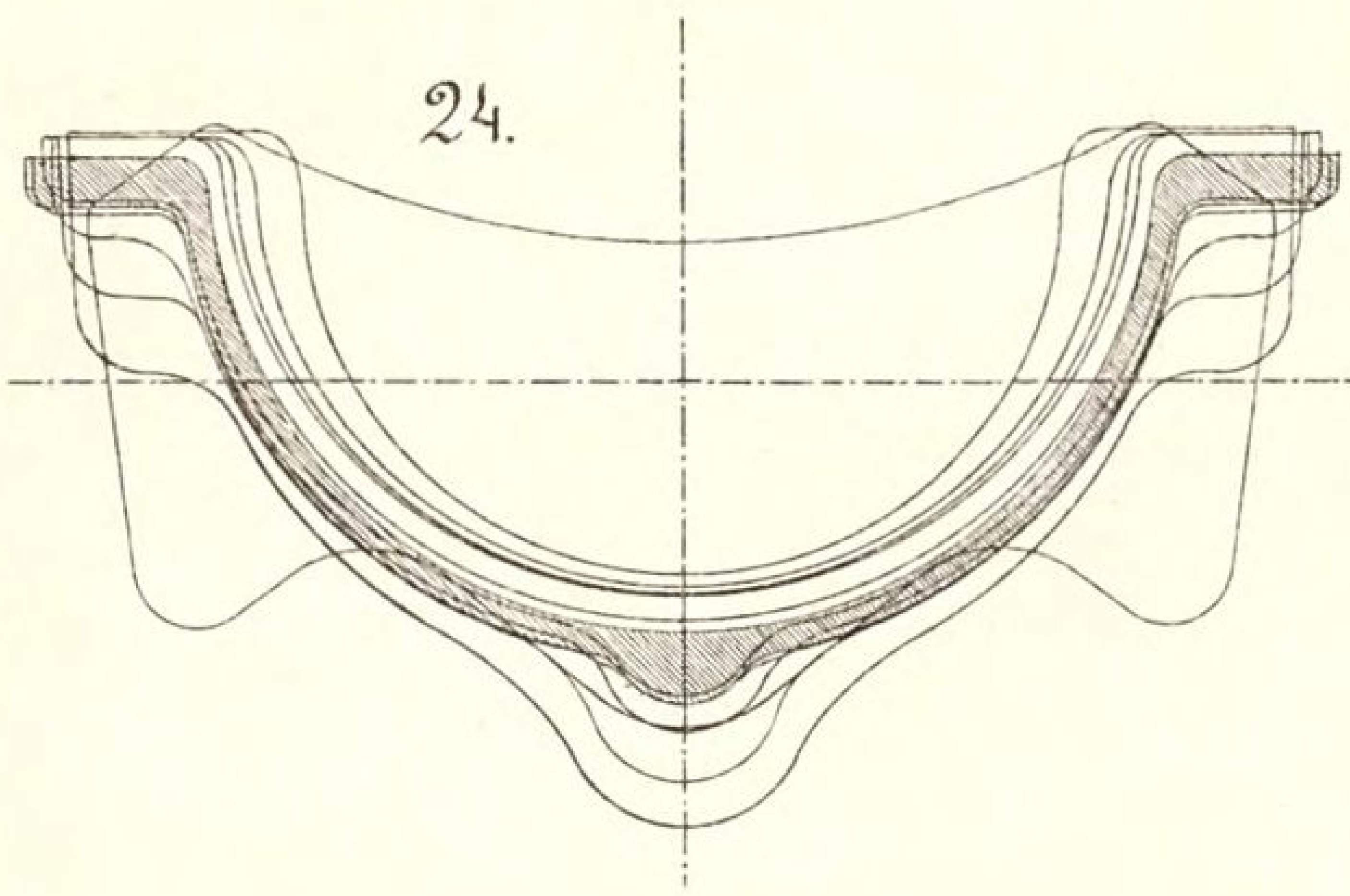
22.



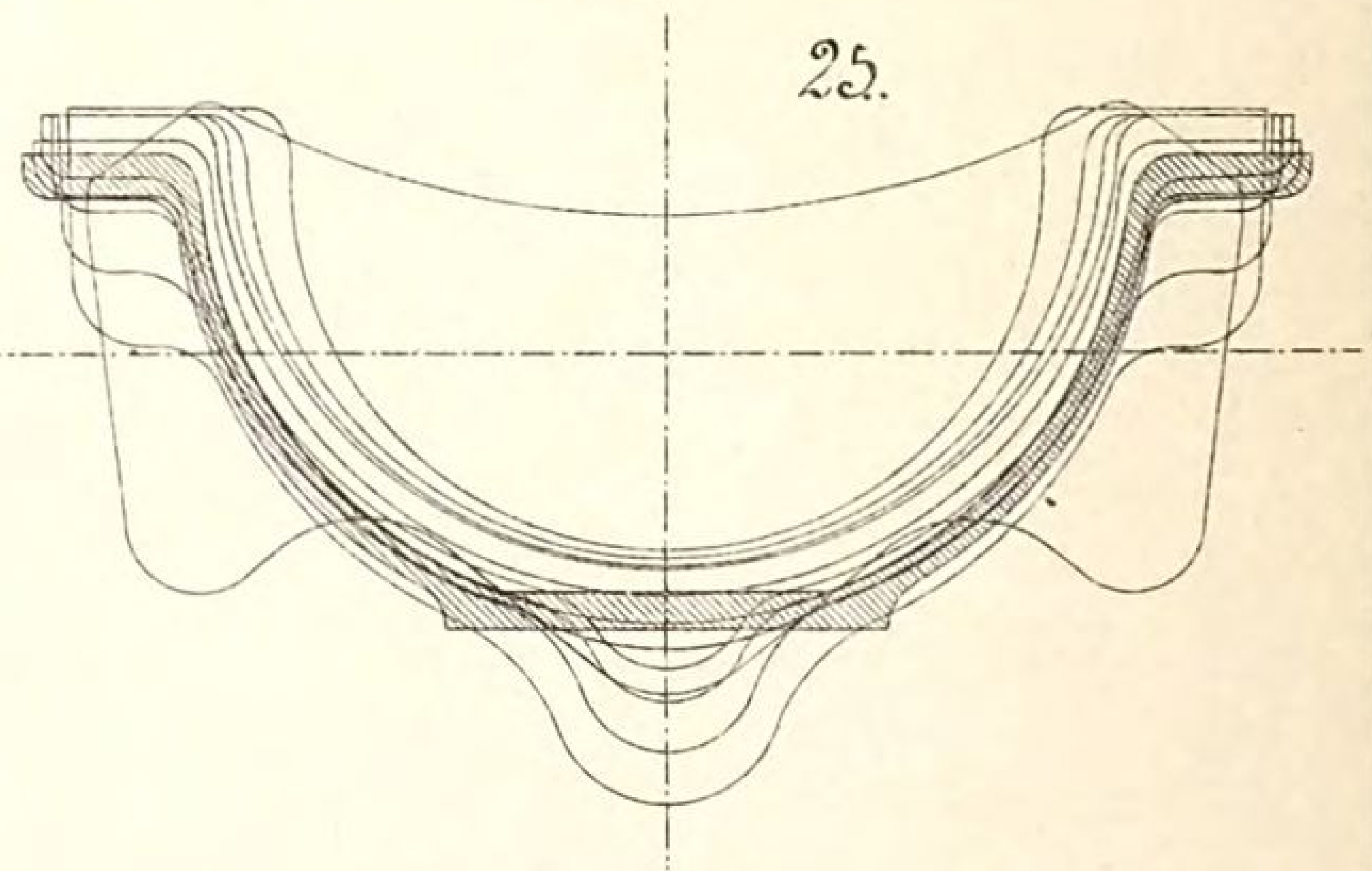
23.



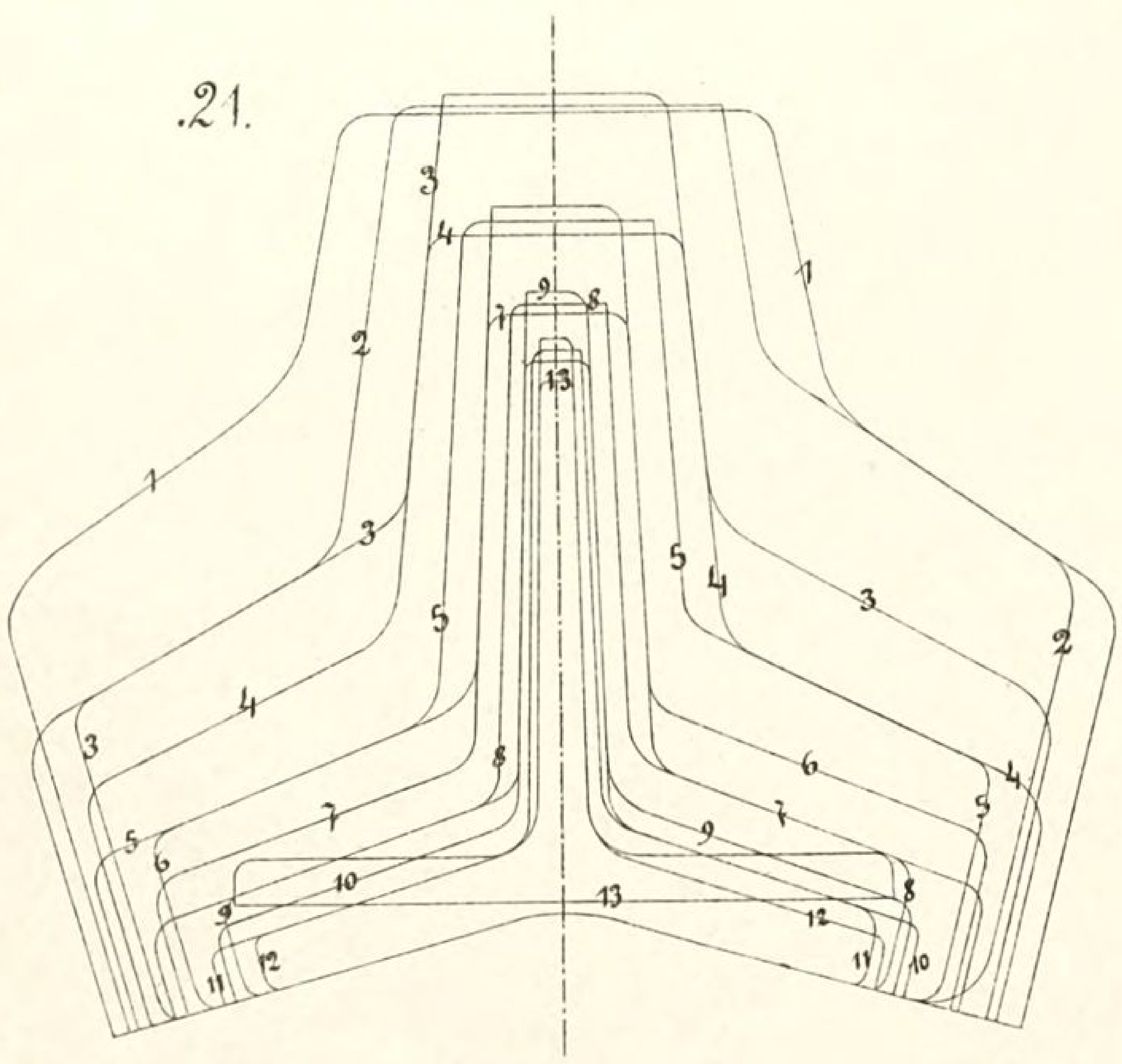
24.



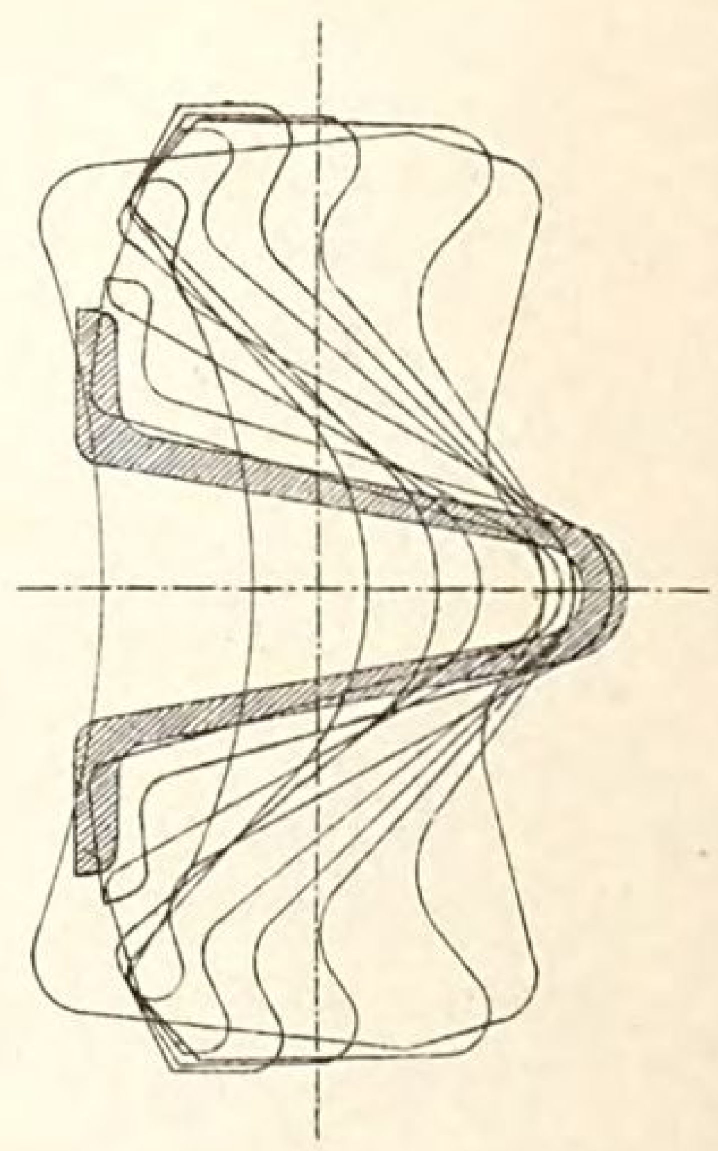
25.



21.



26.



Nachdruck verboten!

Hollenberg gibt von einigen stehenden Kalibern, welche in der Nähe des Fertigkalibers liegen, den Druck an und die Conicität pro Längeneinheit.

Das Beispiel (oben III)	I	von 48	Linien nach 38,25	= 9,75	Linien Druck Conicität	$\frac{11{,}25-9{,}5}{38{,}25} = 0{,}046$
do.		„ 47,75	„ „ 36,5	= 11,25	„ „ „	$\frac{5-4{,}5}{36{,}5} = 0{,}014$
Das Beispiel	II	„ 38,5	„ „ 31	= 7,5	„ „ „	$\frac{8{,}5-8}{31} = 0{,}016$
do.		„ 37	„ „ 31	= 6	„ „ „	$\frac{4{,}5-3{,}5}{31} = 0{,}024$
Das Beispiel (oben IV)	III	„ 13	„ „ 9	= 4	„ „ „	$\frac{2{,}125-2}{9} = 0{,}014$
do.		„ 13	„ „ 7,5	= 5,5	„ „ „	$\frac{2{,}125-1{,}75}{7{,}5} = 0{,}050$
Das Beispiel	IV	„ 20	„ „ 13,75	= 6,25	„ „ „	$\frac{5{,}5-5}{13{,}75} = 0{,}036$
do.		„ 18	„ „ 12,5	= 5,5	„ „ „	$\frac{3-2{,}75}{12{,}5} = 0{,}020$
Das Beispiel (oben I)	XIII	„ 67	„ „ 57	= 10	„ „ „	$\frac{10{,}5-8}{57} = 0{,}044$
do.		„ 79	„ „ 53	= 26	„ „ „	$\frac{7{,}75-4{,}5}{53} = 0{,}061$
Das Beispiel	XV	„ 37	„ „ 30,5	= 6,5	„ „ „	$\frac{6-5}{30{,}5} = 0{,}033$

Das Verhältniss 0,5 in XIII (I) ist wohl als Grenze anzusehen; Hollenberg gibt hierbei an, dass früher der Stab bei schwächer vorhandener Conicität zu Bruche ging und dass weiter der Steg in der Unterwalze zu fest haften geblieben war, um anders als durch Drehen auf der Drehbank entfernt werden zu können.

Aus den vorhandenen Beispielen berechnet sich ein Mittelwerth von $\frac{0{,}358}{11} = 0{,}0325$.

Natürlich ist bei liegendem Kaliber die Conicität ähnlich zu wählen wie beim Steg, nur muss dann die Fussinnenfläche allein die Conicität ausmachen, da es doch wohl praktisch ist, die Fussfläche selbst gerade zu lassen.

§ 718. Noch ist einiger Winke betreffs Anordnung der Kaliber zu gedenken, welche Hollenberg in Beziehung auf den Anschluss der Ober- und Unterwalze gibt. Er schliesst dann sowohl die stehenden wie die liegenden Kaliber mit über die Zwischenringe weggehenden Flächen, wobei auf dem Zwischenring ein ganz kleiner conischer Schluss stattfindet.

Auch die erforderlichen Veränderungen durch Nachdrehen etc. sind dann leicht ausführbar.

Es muss noch erwähnt werden, dass die stehenden Kaliber häufig die Veranlassung zu Walzenbrüchen werden können und zwar der plötzlichen Querschnittsänderung wegen. Man begegnet diesem Uebelstande dadurch, dass man die stehenden Kaliber nahe an das Ende der Walzen legt und verzichtet im Interesse der grösseren Haltbarkeit der Walzenkörper auf die Annehmlichkeit, den Stab in ununterbrochener Folge auszuwalzen. Selbstverständlich ändert sich das Verhältniss, sobald man Profile mit breiten Füssen walzt, die ihrerseits bei horizontaler Lage tief einschneiden. Man legt alsdann die horizontalen Kaliber an die Walzenenden.

Die Lage der Kaliber zur Walzlinie anlangend, so wird vielfach empfohlen, ein Drittel der Höhendimension bei stehenden Kalibern in die Oberwalze, zwei Drittel dagegen in die Unterwalze zu legen oder auch den Schwerpunkt in die Walzlinie zu legen. (Man findet denselben am einfachsten durch Abbalanciren der Blechchablone.)

Hierbei ist aber die der Walze überhaupt schon gegebene Grösse des Oberdruckes so, dass complicirte Verhältnisse entstehen, deren Aufklärung durch Versuche Hollenberg's angestrebt worden, aber nicht geglückt ist.

§ 719. Ausser der hier besprochenen Kalibrirungsmethode für T-Eisen existiren noch einige andere, von denen besonders die eine ganz abweichend arbeitet, während sich die zweite mehr an die bisher behandelte anschliesst. Die letztere ist in der Skizze No. 4 des Textblattes B dargestellt und zeigt, wie von einer quadratischen Spur ausgegangen wird, die das Walzstück (Packet) zweimal mit dazwischenliegender Viertelswendung passirt.

Die drei folgenden Spuren führen das Profil im nothwendigen Uebergange in die verlangte Form, welche der Hauptsache nach im fünften Kaliber erreicht ist.

Da in der Mitte der Steg stehen bleiben musste, so muss das Material rechts und links davon nach und nach weggewalzt werden, was durch die Einbiegungen in den Seiten des rundlich quadratischen Kalibers geschieht, woselbst die Profilhöhen im stärksten Verhältnisse abnehmen.

Man erkennt leicht, wie die drei folgenden Kaliber diese Umformung schrittweise bewirken und gleichzeitig die Verschiebung vom Schwerpunkte des Querschnittes nach unten bewerkstelligen.

Für die Kurven kann eine Regel nicht gegeben werden, obschon versucht worden ist, die Radien und Mittelpunkte der in Betracht kommenden Bogenstücke aufzusuchen.

Wichtig erscheint nur, dass die Rippe mit ihrem deutlicheren Hervortreten auch immer mehr in die Unterwalze hineinrückt, was allerdings im vierten Kaliber bereits die Anwendung von Abstreifmeisseln nothwendig machte. Als fünfte Spur wird ein liegendes Kaliber angewendet, in welchem der Steg stark gedrückt und gebreitet, der Fuss aber in seiner Breite zusammengedrückt oder gestaucht wird.

In solchem Falle hat man durch entsprechende Anordnungen, sogenannte „Ausführungen", die sich der Walzenform anschliessen und stark befestigt sind, jedem Krümmen des Stabes vorzubeugen.

Das Stauchen der kleinsten Theile, an der Krümmung des Stabes verhindert, bringt jetzt nur ein Breiten des Steges hervor, wozu Raum genug gelassen ist.

Bei der Bemessung der Breitung des liegenden Steges ist nur immer an der gleichen Proportionalität der aufeinanderfolgenden Fuss- und Stegquerschnitte festzuhalten. Jedes der drei letzten Kaliber ist ein Fertigkaliber und gegenseitig wieder als Vorkaliber zu benutzen. Die Einordnung dieses Kalibrirungsresultates auf die Walzen ist in den Skizzen 12, 13, 14 angegeben*).

§ 720. Einige Vortheile gewährt auch noch das Walzen der **T**-Eisen mit aufgebogenen Fussflügeln, so dass die **Y**-Form herauskommt. Diese in Frankreich vielfach gebrauchte Methode gestattet, weil nacheinander der Steg sowohl, als die einzelnen Fussflügel in mehr oder weniger flacher Lage gebreitet werden können, überhaupt mehr zu breiten und die Arbeit zu beschleunigen.

Man kalibrirt die aufgebogenen Theile ähnlich wie das gleich zu behandelnde Winkeleisen. (Hollenberg a. a. O., S. 102, 103.)

Dickmann, welcher diese Kalibrirung überhaupt als die beste für **T**-Eisen bezeichnet, gibt hierzu folgende Erklärung:

„Die beste bis jetzt bekannte Herstellung der **T**-Eisen ist die in **Y**förmigen „Kalibern. In jedem solchen Kaliber wird die Längsausdehnung zweier Flügel durch „Verminderung der Dicken derselben hervorgebracht, die Längenausdehnung des „dritten, normal zur Axe stehenden Flügels dagegen durch Stauchung. Die Grösse der „Stauchung ist sehr beschränkt und kann dieselbe im Allgemeinen bei der Fertigwalze „höchstens gleich der Dicke des Flügels gesetzt werden; besser jedoch, besonders im „Fertigkaliber, bleibe man etwas **unter** dieser Grösse."

„Bei den grösseren Kalibern, besonders den Vorwalzkalibern muss die Stauchung geringer sein, „theils, um nicht die Walzen zu stark zu schwächen, theils aber auch, um die Form des grössten „Kalibers (der Form des Packetes wegen) soviel wie möglich dem diesem Kaliber umschriebenen „Kreise zu nähern. Die Längenausdehnung der drei Flügel ist daher in allen Kalibern eine ungleiche, „da aber jedesmal das dritte derselben die gleiche Lage (betreffs der Flügel) hat, mithin der Stab „nach Passirung dreier Kaliber auf die nämliche Weise gestreckt wird, so vertheilt man die (einzelnen) „Drucke der Art, dass für je drei Kaliber die Summe der Längenausdehnungen (d. h. der Querschnitts- „verminderungen) dieselbe wird."

„Die (in der Zwischenzeit stattfindenden) ungleichen Ausdehnungen werden dadurch nur momentan „(d. h. unschädlich) und man kann, wie Versuche bewiesen haben, unter dieser Bedingung die „Differenz beim Hitzegrad des Stabes (d. h. dem Hitzegrad des Stabes und der Geschmeidigkeit „entsprechend) im letzten Kaliber gleich $^1/_6$, im vierten Kaliber schon gleich $^1/_3$ des Stabes „setzen, ohne dass der schwächer gespannte Flügel reisst oder sich vom stärker ge- „spannten loslöst**)."

„Man bleibt unter diesen Grenzen, wenn man den augenblicklich normal zur Walzenaxe stehenden „Flügel wenigstens um die Hälfte seiner Dicke staucht und die Zunahme der Dicken desselben Flügels „nach den Formeln für die Zunahme der Flacheisen bestimmt, oder auch (um einfachere Verhältnisse „zu gebrauchen), wenn man um wenigstens 5 mm staucht und den genannten Flügel um $^1/_4$ seiner „Dicke zunehmen lässt."

*) Auch diese Kalibrirung ist aus dem Nachlasse des Direktors Kocher in Haspe entnommen und von Herrn Ingenieur Loose, jetzt in Deutsch-Oth, bearbeitet worden.

**) Diese wichtigen Resultate, welche leider ganz unbeachtet geblieben zu sein scheinen, bilden im umfangreichen, oft kritiklosen und vollkommen chablonenhaften Material einen sehr wichtigen Beitrag zur Walzkunst, indem sie die Reissfestigkeit des Eisens klarstellen. Die Dickmann'sche Schrift ist überhaupt in theoretischer Hinsicht die bemerkenswertheste und trotzdem die bis jetzt von den Lehrbüchern am wenigsten beachtete.

„Die Breitung für jeden nicht gestauchten Flügel kann im Mittel gleich 2 mm gesetzt werden „und es ist die Länge des **Y**förmig aufgebogenen Flügels 1 mm kürzer als die des horizontal gezeichneten."

§ 721. Dickmann gibt nunmehr die Kalibrirungsdetails für eine Peripherie oder von drei Flügeln, auf welche umsomehr verwiesen werden muss, als dabei auch von der bereits S. 644, § 703 u. ff. kritisirten Flacheisenkalibrirung Gebrauch gemacht wird. (Die drei Preisschriften, S. 132 u. ff.)

Der Winkel, welchen die aufgebogenen Schenkel des **T**-Eisens mit dem Steg machen, beträgt gewöhnlich $90 + 15 = 105^0$ und ist, wie die Skizze 21 der Texttafel B zeigt, für alle Kaliber derselbe. Aus dieser Skizze ist ebenfalls die Reihenfolge der nacheinander in den Walzen aufrecht stehenden Zweige des Profils genau zu erkennen, da nur diese beiderseits gerundete Ecken haben.

Das grösste Kaliber staucht den Steg.
„ 2. Kaliber staucht den rechts liegenden Fussflügel.
„ 3. „ „ „ links liegenden Fussflügel.
„ 4. „ „ „ Steg.
„ 5. „ „ „ rechts liegenden Fussflügel.
„ 6. „ „ „ links liegenden Fussflügel.
„ 7. „ „ „ Steg.
„ 8. „ „ „ rechts liegenden Fussflügel.
„ 9. „ „ „ links liegenden Fussflügel.
„ 10. „ „ „ Steg.
„ 11. „ „ „ rechts liegenden Fussflügel.
„ 12. „ „ „ links liegenden Fussflügel.
„ 13. „ richtet die Flügel gerade und bildet das Fertigkaliber.

Ueber die Lage der Kaliber auf der Walze gibt Dickmann nichts an; vermuthlich liegen die Stauchkaliberstücke vollständig in der Unterwalze und auch unter der Walzlinie, da bei den Dickmann'schen Kalibrirungen nirgends von einer anderen Lage die Rede ist.

Eine von Choteau (Tracé raisonné des cannellures de laminoir, Ch. Claesen, Paris, Liège, Berlin, livr. 4 et 5) herausgegebene Construktion von **T**-Eisenkalibern zu einem Stab von 150 mm Höhe und 150 mm Fussbreite weist den aufrechtstehenden Kalibern ihren Platz allerdings in der Substanz der Unterwalze an, mit der Maassgabe jedoch, dass der Schwerpunkt des Fertigkalibers (aufrechtstehend) in die Walzlinie zu liegen kommt und danach auch die Lage der vorhergehenden anderen stehenden Kaliber bemessen wird, also der Hollenberg'schen Vorschrift entsprechend.

Die Kalibrirung selbst geht aus nachstehender Dimensionsliste hervor, in welcher Höhe und Breite nur die Dimensionen, beziehungsweise in der Axe des Profils und das grösste Maass in der Richtung parallel zur Fussfläche bedeuten. Die Stegdicke und die Fussdicke sind Mittelwerthe, erstere in der halben Profilhöhe gemessen, letztere zwischen Axe und Ende.

Vorwalze:	Höhe Millim.	Breite Millim.	Stegdicken Millim.	Fussdicken Millim.
1. Kaliber, Schweissk., trapezförmig	185	250 oben 170 unten	—	—
2. „ liegend	193	230	145	—
3. „ „	208	210	77,5	40 und 78
4. „ stehend	162	240	—	26 „ 44
5. „ liegend	170	175	47	23 „ 38
6. „ „	190	168	26,5	21 „ 33,5
Fertigwalze:				
1. Kaliber stehend	155	188	26,5	15 „ 21
2. „ liegend	163	168	19,25	13 „ 19
3. „ „	171	149	14,5	12 „ 16
4. „ stehend	152	152	15	11 „ 15

Zu bemerken ist, dass in den liegenden Kalibern beider Walzen auch der in der Unterwalze befindliche Flügel des Fusses eine gewisse Conicität in der Grundfläche zeigt, welche zwischen 2,5 u. 5 mm am Fusse des Kalibers beträgt.

Diese Conicität wird erhalten, indem man das wie gewöhnlich bestimmte Flügelstück des Fusses soweit wendet oder verschiebt, dass die Winkel der Grundfläche und der Fussoberfläche mit der Walzlinie gleiche werden.

Die Vorwalzen haben 0,55 m mittleren Durchmesser und 1,90 m Tafel- oder Ballenlänge, während die Fertigwalzen bei gleichem Durchmesser nur 1,3 m Ballenlänge haben.

Kalibrirungen für Winkeleisen.

§ 722. Die Winkeleisenprofile sind theils gleichschenkelige, theils ungleichschenkelige; die ersteren kann man als symmetrische, die anderen als nichtsymmetrische Profile ansehen und beurtheilen.

Auch in der Beschaffenheit der Spitzen der Enden herrscht Verschiedenheit; ausser der gewöhnlichen, von innen nach aussen sich rundenden, doch die Aussenseite normal schneidenden Form hat man auch die von aussen nach innen gerundete Kante, die an der Innenseite sich bildet, und die vollkommen parallelflächigen Winkel mit rechteckigen Kanten.

Bezüglich der Walzarbeit kann man dreierlei Methoden, doch von sehr ungleicher Verbreitung oder Anwendung, unterscheiden.

1. Die Kaliber entwickeln sich unter gleichem Druck auf beide Schenkel, welche theilweise im rechten Winkel bleiben und mit der Aussenseite in der Unterwalze, mit der Innenseite aber in der Oberwalze liegen.

Es sind hierbei noch zwei Unterfälle möglich, je nachdem ein quadratischer Materialblock diagonal, d. h. wie beim Quadrateisen, oder ein quadratischer, bezw. oblonger Materialblock parallelflächig zur Walzenlinie eingeführt wird.

Für geschweisstes Material ist die Lage des Materialblockes nicht gleichgültig, während sie für vorgeschmiedetes oder sonst dichtes Material bedeutungslos ist.

2. Die Kaliber werden so gebildet, dass die Schenkel abwechselnd stehend oder liegend in den Walzen untergebracht werden. Es geschieht dies besonders, wenn bei ungleichen Schenkeln eine vollendete Ausbildung der Schenkelspitzen verlangt wird. Manche der im Grubenausbau verwendeten Profile werden nach Hollenberg so hergestellt.

3. Die Methode entwickelt die Schenkel so, dass sie gestreckt liegen und mit den nöthigen Kalibrirungen an der Stelle des rechten Winkels versehen sind. Kurz vor der Vollendung biegt man in zwei bis drei Kalibern die Winkel allmälig um und auf und im letzten Durchgang erhalten sie die vorgeschriebene genaue Querschnittsform.

Daelen hat nach seiner eigenen Angabe (a. a. O., S. 15) diese Methode ersonnen, um Schiffsbauwinkeleisen mit halbrunden Schenkelenden und auch solches mit einem runden Wulst am Schenkelende herzustellen (vgl. die Skizze 6 des Textblattes B).

Der Winkel ist hier in den ersten Kalibern aufgebogen, das vorletzte (unter der Zusammenstellung, Skizze 6, besonders gezeichnete) Kaliber gibt den Schenkelenden die äussere Rundung, während in dem letzten Kaliber das Eisen im rechten Winkel aufgebogen und mit der inneren Schenkelrundung versorgt wird.

Daelen benutzte als Vorwalze eine Flachwalze oder das Universalwalzwerk; später versuchte er, alle Winkeleisen auf dem Universalwalzwerk vorzuwalzen, nachdem er auf der Unterwalze die rechteckig gerundet in der Walzenfläche verlaufende Spur der äusseren Winkelkante eingedreht und auf der Oberwalze den gerundeten, die Winkelinnenfläche bildenden Wulst angeordnet hatte.

§ 723. Die Darstellung der Winkeleisen nach der ersten Methode (geneigte Lage der Schenkel in den Walzen) ist die verbreitetste und am besten ausgebildete.

Von allen Autoren hat Hollenberg das meiste Material beigebracht und auch versucht, durch graphische Darstellung der Veränderung verschiedener wichtiger Dimensionen eine gewisse Gesetzmässigkeit in der Kalibrirung nachzuweisen. (Vgl. Taf. XIX der Gesammtausgabe der drei Preisschriften.)

Von Interesse ist sein Hinweis auf den Einfluss der verschiedenen Durchgangsrichtungen, diagonal oder flach, auf die grössere oder geringere Festigkeit der Winkeleisen.

Er empfiehlt das Diagonalwalzen nur für solche Fälle, wo bereits geschweisstes Eisen zur Verwendung kommt, was zur Zeit der Entstehung seiner Arbeit aber nur bei schwächeren Profilen stattfand. Der Grund, dass wegen der beim Diagonalwalzen stattfindenden grösseren Formumwandlung eine zu rasche Abkühlung entstünde, wenn man im Diagonalwalzen zur Anwendung auf grössere Sorten übergingе, ist wohl an sich nicht allein entscheidend, es müssten vielmehr erst die Kaliber gezählt werden, die sich in beiden Fällen für das gleiche Ziel ergeben.

In einem Beispiel (Taf. XVIII, Fig. 7), wo eine diagonale Einführung vorgesehen ist, drückt der Construkteur gleich beim ersten Durchgang die oberste Kante des Blockes ein und hinter ihr fast den vierten Theil des Querschnittes weg, um sofort die Winkelform zu haben.

Das Diagonalwalzen von Packeten führt nach Hollenberg dazu, dass die Schweissfugen und mit ihnen die das Packet zusammensetzenden Platten zu einem Schenkel parallel, zum anderen normal liegen. Dadurch ergeben sich für beide Schenkel verschiedene Texturen und verschiedene Festigkeiten. In einem Schenkel, der zur Schweissfugenlage des Packetes parallel liegt, bildet das Eisen fast aneinanderliegende Fasern und die etwaigen Schweissfugenreste kommen nur in der Spitze und im Winkelscheitel nach aussen. Im anderen Schenkel durchsetzen sie aber das Material normal zur Winkelfläche und begünstigen jeden Versuch, den Winkelschenkel abzubrechen.

Für Flusseisenwinkel fallen die Bedenken naturgemäss fort und die Richtung der Einführung ist gleichgültiger oder nach anderer Seite hin zu beurtheilen.

Führt man flach ein, so entwickelt sich der Winkel allmälig aus der einen Flachseite des Materialstückes, während die andere Flachseite sich zu der zusammengesetzteren Fläche der Innenseite umgestaltet, woraus sich von selbst die nothwendige Folgerung ergibt, dass die Fasern der Innenseite mehr und stärker verschoben werden müssen.

Man gibt deshalb bei Packeten auf diese zur Innenseite bestimmte Fläche des Materialstückes ein bereits abgeschweisstes Stück Eisen; doch kann man auch durch vorsichtiges Kalibriren das zu starke Verdrücken und Verschieben vermeiden.

§ 724. Die Kalibrirung selbst erhellt aus der Skizze 5, welche alle Kaliber, die Spitze gemeinschaftlich oder zusammenfallend enthält und die von Daelen (a. a. O., Taf. VI) veröffentlichte Construktion wiedergibt.

In der Originalfigur gibt Daelen als successive Höhenabnahmen an:

für	1—2	2—3	3—4	4—5
	$^2/_3$	$^2/_3$	$^2/_3$	$^3/_4$.

Ueber die Veränderungen der inneren und äusseren Winkel selbst ist nichts angegeben; die Breitung ist gleichmässig 2 mm.

Weit vollständiger sind Hollenberg's Angaben und Aufnahmen:

Bezeichnung und Schenkeldimensionen	Breite des Kalibers Linien		Schenkellänge aussen Linien		Höhe in der Mitte Linien		Höhe an den Seiten Linien		Dicke der Schenkel normal zur Aussenseite Linien		Steigung der Schenkelaussenfläche Linien		Winkel der Aussenflächen Grad	
Beispiel I: 5″ + 5″ (130 + 130 mm).	69		36,5		47		42,7		43		13		137,5	
	77,3		45		38		31		30		25		112,5	
	83,5		59		36		10		17,5		41		91	
	86		61		20		0		12		43		90,5	
	86		61		14		0		8,5		43		90,5	
	86		61		11		0		6		43		90,5	
	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III
Beispiel II und III: 4″ + 4″ (105 + 105 mm).	57	56,7	30,75	30	46,5	36	41	32,5	43	33	12	9,2	134	145
	61	61	35,5	35,5	35,5	28,5	28,5	22	30	22,5	17,3	18,5	118	117
	63	63,5	43	45	30	22	17	11,7	19	14,5	29	32	94	89,5
	66	66	48	48,2	22	19	6,5	4,2	12,7	10	35	35,5	87	86
	69	69	49	48,7	13	13	0	0	7	6,7	34	34	91	90,5
	69	69	49	48,7	9	9	0	0	5	5,2	34	34	91	90,5
	—	69	—	48,7	—	7,5	—	0	—	4	—	34	—	90,5

Die beiden Beispiele beziehen sich auf gleichflügelige Winkel derselben Schenkellänge, aber von verschiedener Dicke, die sich in den Werthen der dritten und vierten Columne kundgeben und in der Axe des Kalibers $2^1/_2$ Linien betragen. Der Vergleich ist trotzdem nicht ohne Interesse.

Bezeichnung und Schenkeldimensionen	Breite des Kalibers Linien	Schenkellänge aussen Linien	Höhe in der Mitte Linien	Höhe an den Seiten Linien	Dicke der Schenkel normal zur Aussenseite Linien	Steigung der Schenkelaussenfläche Linien	Winkel der Aussenflächen Grad
Beispiel IV: $3^1/_2$″ + $3^1/_2$″ (91 + 91 mm).	57	31	33	34	30	12	134,5
	57,7	37,3	28	21	20,5	23,4	111,5
	58,2	41	22	10,8	14	28,7	90,5
	59	42,7	17,7	3	9,6	30,6	87
	60,7	42,7	15	0	6,6	30	90,5
	60,7	42,7	11	0	6	30	90,5
Beispiel V: $3^1/_4$″ + $3^1/_4$″(84,5+84,5mm).	55	29,5	30	26	27	11	135
	56	36	25	15,2	18	22,5	111,5
	56,2	39,5	17,5	6	10,5	28,2	92
	56,2	39,5	12	0	6,75	28,2	90,5
	56,2	39,5	8,5	0	5,25	28,2	90,5
	56,2	39,5	7	0	3,75	28,2	90,5

Bezeichnung und Schenkeldimensionen	Breite des Kalibers Linien	Schenkellänge aussen Linien	Höhe in der Mitte Linien	Höhe an den Seiten Linien	Dicke der Schenkel normal zur Aussenseite Linien	Steigung der Schenkelaussenfläche Linien	Winkel der Aussenflächen Grad
Beispiel VI: 3″ + 3″ (78,5 + 78,5 mm).	46,6	27,5	26,6	23,5	21,7	14,3	117
	47,5	31,6	22	14,8	15	22	107
	49,1	35,5	17	7,3	10	25,3	88
	52	36,7	13	0	6	25,6	90,5
	52	36,7	9	0	4	25,6	90,5
Beispiel VII: $2^{3}/_{4}''$ + $2^{3}/_{4}''$ (72 + 72 mm).	42,3	26,6	20,6	13,4	14,6	16	106
	44,5	31,4	13,5	5,5	7,7	22	90
	47,6	33,4	10	0	5,2	23,4	90,5
	47,6	33,6	9	0	4,2	23,4	90,5
Beispiel VIII: $2^{1}/_{2}''$ + $2^{1}/_{2}''$ (65,5 + 65,5 mm).	40,5	21	26,5	25,5	25	6	147
	41	24	23	16	20	12	116,5
	41,5	27	18	9	13	18	100
	41,5	29	15	4,5	9	20,2	91
	43	30,3	11	0	6	22,5	90,75
	43	30,3	8,5	0	4,5	22,5	90,75
	43	30,3	6	0	3	22,5	90,75
Beispiel IX: $2^{1}/_{4}''$ + $2^{1}/_{4}''$ (59 + 59 mm).	36	22,5	16	8,2	11,5	13,5	105
	36,5	27,5	10,5	3	6,5	20	84
	39	27,5	7	0	3,7	19	91,5
	39	27,5	5,5	0	3	19	91
Beispiel X: 2″ + 2″ (53 + 53 mm).	31	18,7	14,7	8	11	11	110
	32	24,2	10	2,2	5,5	18	82,5
	34,5	24,2	7	0	4	17	91
	34,5	24,2	5,7	0	3	17	90,75
Beispiel XI: $1^{3}/_{4}''$ + $1^{3}/_{4}''$ (46 + 46 mm).	27,5	16,5	13	7,5	10	9	113
	28,7	21	9,2	2,2	5,5	16	86,5
	30	21,2	6,7	0	4	14,7	91
	30	21,2	5,5	0	3	14,7	91
Beispiel XII u. XIII: $1^{1}/_{2}''$ + $1^{1}/_{2}''$ (40 + 40 mm; XII eckig und XIII rund).	XII XIII	XII XIII	XII XIII	XII XIII	XII XIII	XII XIII	XII XIII
	22,8 22,8	14,1 14,1	11 10,4	7 7	8 7,6	8,4 8,4	107,5 107,5
	23,6 36,6	17 16,4	8,4 7,5	3,6 3,6	4,8 4,5	12 11	89 94
	26,2 26,2	18,3 18,3	4,6 4,7	0 0	3 3	12,7 13	90,5 90,5
	26,2 26,2	18,3 18,3	3,6 4,3	0 0	2,6 2,5	12,7 13	90,5 90,5
Beispiel XIV u. XVI: $1^{1}/_{4}''$ + $1^{1}/_{4}''$ (32,5 + 32,5 mm; eckig).	XIV XVI	XIV XVI	XIV XVI	XIV XVI	XIV XVI	XIV XVI	XIV XVI
	19,5 19,3	12,3 12	8,6 8,5	5 5	6 6	7 7	107 109
	20,3 20,3	15,7 14,6	7 7	2,2 2	4,2 4,3	10,5 10	88 91,5
	21,5 21,3	15,3 15,4	3,6 4	0 0	2,5 2,5	11 11	90 90,5
	21,5 21,6	15,3 15,4	3 3	0 0	2 2	11 11	90 90,5
Beispiel XV u. XVII: $1^{1}/_{4}''$ + $1^{1}/_{4}''$ (32,5 + 32,5 mm; rund).	XV XVII	XV XVII	XV XVII	XV XVII	XV XVII	XV XVII	XV XVII
	19,5 19,3	12,2 12	8 8	4,6 5	6 6	7,4 8	106 105
	20,3 20,3	14,2 14,6	6,6 7	2 2	4,2 4,4	10 0	91,5 91,5
	21,5 21,3	15,3 15,6	4,5 5	0 0	2,5 2,7	10,8 0	90,5 90,5
	21,5 21,6	15,3 15,8	3,7 4	0 0	2 2,2	10,8 0	90,5 90,5
Beispiel XVIII u. XIX: 1″ + 1″ (26 + 26 mm; XVIII eckig und XIX rund).	XVIII XIX	XVIII XIX	XVIII XIX	XVIII XIX	XVIII XIX	XVIII XIX	XVIII XIX
	15 15	9,5 9,5	7,5 7	4,4 4,5	5,3 5	5,7 6	114 115
	15,8 16	11,4 11,3	5,4 5	2 2	3 3	8 8	87 100
	17 17,3	12,2 12,3	3 5	0 0	2 2	8,4 9	91 90
	17,4 17,6	12,2 12,3	2,4 4	0 0	1,6 2	8,4 9	91 90
Beispiel XX: $^{7}/_{8}''$ + $^{7}/_{8}''$ (13 + 13 mm).	13,5	8,8	7	4	4,5	5,7	109
	14	9,3	5	2	3	6,4	94
	15	10,7	3,5	0	2,8	7,5	90,5
	15	10,7	3	0	1,6	7,5	90,5

§ 725. Die von Hollenberg in vorstehender Tabelle zusammengestellten Winkeleisenkaliber zeigen einen sehr gleichmässigen Typus, abgesehen von den einer gleichen Fertigform angehörigen und deshalb näher zusammengestellten Reihen Beispiele XII u. XIII, XIV u. XVI, XV u. XVII, XVIII u. XIX.

Die Fertigkaliber sind daran leicht erkennbar, dass die Werthe der vierten Columne, die Seitenhöhen, gleich 0 werden, und dass der Scheitelwinkel dem rechten sich nähert, wobei zu beachten ist, dass die mit dem Transporteur ausgeführten Messungen Hollenberg's keinen Anspruch auf minutiöse Genauigkeit machen.

Dies erscheint auch kaum nothwendig, da die Praxis auch Winkel von 90,5, 90,75—91 als Fertigwinkel duldet. Auffällig ist (Beispiele II und III, 4. Kaliber, Beispiel IV, 4. Kaliber, Beispiel VI, 3. Kaliber, Beispiele IX, X, XI und XII, 2. Kaliber, Beispiele XIV und XVIII, 2. Kaliber) das Heruntergehen des Winkelwerthes unter 90^0. Hollenberg führt zur Erklärung der Erscheinung an, dass diese nicht ursprünglich vorhandene Form nachträglich durch Nachdrehen der Kaliber der Unterwalze entstanden ist, weil die Schenkelspitzen wegen fehlender Länge beim Walzen nicht voll wurden.

Bei vielen Beispielen zeigt sich noch das Bestreben, die Seite des Kalibers (s. 2. Columne der Zusammenstellung) bereits im Vorfertigkaliber so lang zu machen wie im Fertigkaliber.

Eine gewisse Gesetzmässigkeit herrscht zwischen den Veränderungen der Werthe der 6 ersten Columnen und Hollenberg hat dieselbe auf Taf. XIX seiner Abhandlung durch interessante graphische Darstellungen zur Anschauung gebracht.

Man sieht, dass die in der Tabelle zusammengestellten Dimensionen in zwei Gruppen zerfallen und in einer derselben ab-, in der anderen zunehmen.

Diejenigen Grössen, die sich auf die Schenkelstärken beziehen, fallen, während die auf die Ausdehnung der Schenkel sich beziehenden Maasse steigen.

Die Kurven, welche aus den Verbindungslinien der einzelnen Ordinatenendpunkte hervorgehen, zeigen anfänglich eine stärkere Krümmung als später; die niedergehenden fallen stärker ab, die aufsteigenden wachsen in stärkerem Maasse. Dies ist naturgemäss auf die zunehmende Abkühlung und dadurch wachsende Steifheit des Eisens zurückzuführen.

Bei Walzenkalibern für verschiedene Sorten Winkeleisen verändern sich einzelne Dimensionen nicht mehr, sobald ein Fertigkaliber für eine bestimmte Schenkelstärke erreicht ist. Die Schenkellängen, die Entfernung der Schenkelspitzen, endlich die Neigung der Schenkel verändern sich nicht mehr und die entsprechenden Curvenstücke verwandeln sich in Gerade, welche der Abscissenaxe parallel laufen.

Das früher erwähnte Heruntergehen des Winkels unter 90^0 macht sich natürlich bei der Curve für die Neigung der Schenkel $\left(\text{Schenkellänge} \times \sin \frac{180-\alpha}{2}\right)$ durch eine Unterbrechung der Stetigkeit in Form eines vorherigen Rückganges bemerklich.

Die Curve für die gesammte Kaliberbreite zeigt vielfach den Charakter einer Geraden, indem die Breitungen regelmässig wachsen. Die Curven für die Schenkellängen und die Neigung der Schenkel sind vielfach parallel, auch wird die Breite derselben ebenfalls oft parallel.

Es sind eben die drei Grössen abhängig voneinander und von dem Winkel α, d. h. dem halben Complementärwinkel $\frac{180-\alpha}{2}$, was Hollenberg nicht ausdrücklich hervorhebt.

Ein durchgehender Parallelismus in der Veränderung findet sich fast immer zwischen der Eisenstärke in der verticalen Kaliberaxe und zwischen der mittleren Schenkelstärke (5. Columne der Tabelle). — Die Curve der Schenkelstärken am Ende (4. Columne) ist dagegen nur anfangs parallel, bis sie durch Rundung der Kaliberinnenfläche gleich 0 wird.

Noch ist über den Winkel α zu bemerken, dass derselbe vielfach in den ersten Kalibern gerundet wird und dass seine schliessliche Grösse von oft mehr als 90^0 aus dem Grunde gewählt wird, weil die Schwindungsverhältnisse dies bedingen.

Die Stäbe kühlen sich nach den Spitzen der Schenkel hin stärker ab als an dem massigen Ende und in Folge dessen zieht sich der letztgenannte Theil des Profils stärker zusammen, weil er mehr Zeit hat sich zusammenzuziehen. Die Winkelseite, d. h. die Kante im rechten Winkel, erscheint concav und muss durch Richten wieder gerade gestreckt werden, wobei sich der grösser genommene Winkel auf 90^0 zusammenzieht. Auch wirkt die in der concaven Seite der Winkeleisen vorhandene grössere Masse des Materials durch stärkeres Zusammenziehen ohnehin corrigirend auf den Winkel ein.

§ 726. Auch für die Herstellung ungleichflügeliger Winkeleisen nach der genannten ersten Methode, welche Herstellung mit grösseren Schwierigkeiten verknüpft ist, gibt Hollenberg eine Reihe von Beispielen, die weiter unten folgen.

Die Schwierigkeiten der Herstellung werden hauptsächlich dem Umstand zugeschrieben, dass gewöhnlich der längere Schenkel anders gedrückt wird, wie der kürzere. Der Stab tritt in Folge dessen leicht schief aus der Walze und man muss durch die sorgfältige Anbringung von Leiteisen und anderen

die Geradrichtung begünstigenden bezw. hervorbringenden Vorrichtungen bedacht sein, dem abzuhelfen. Der ungleiche Druck hat seinen Grund ebensowohl in der Kalibrirung als auch in der Neigung der Schenkelspitzen. Bezüglich der letzteren sind zwei Fälle möglich; man legt entweder die Schenkelspitzen gleich hoch, oder man legt das Winkelprofil so in die Walzen, dass die Schenkelaussenflächen gleiche Winkel mit der Walzlinie bilden.

Die letzere Methode führt bei grösseren Unterschieden in den Schenkellängen natürlich zu sehr verschiedenen Durchmessern der einzelnen das Kaliber begrenzenden Walzenflächen und in Folge dessen zu sehr verschiedenen Streckungen der einzelnen Profilelemente.

Man benutzt sie deshalb nur bei geringeren Unterschieden in den Schenkeldimensionen und hat dabei noch den Vortheil, dass beim Verspringen der Walzen die Schenkel gleichmässig stark bleiben und dass man für eine Unterwalze mehrere Oberwalzen mit anderen Dimensionen herstellen kann.

Dies findet bei Kalibrirungen mit gleich hoch liegenden Winkelspitzen nicht statt, sondern die verticale Verstellung der Walzen verändert jedesmal die Gleicheit in den Stärken der Schenkel.

Dagegen walzen sich die Stäbe in derart disponirten Kalibern bequemer, obschon es nicht vermieden werden kann, dass auf den kürzeren und darum steileren Schenkel vorwiegend ein seitlicher Druck wirkt, welcher ein Verschieben der Walzen in der Axenrichtung hervorzubringen strebt.

§ 727. In der nachfolgenden Zusammenstellung bedeuten:

b die Breite des Kalibers,

s_1 s_2 die grössere und die kleinere Seite der Flügellänge des Kalibers,

h_1 h_2 die Höhen an beiden Flügelenden in verticaler Richtung,

d d_1 d_2 die Dicken des Kalibers, in der durch Halbirung des Winkels gewonnenen mittleren Richtung, sodann in der Mitte der Flügel,

w_1 w_2 die Steigung der äusseren Flügelseiten über den Scheitelpunkt des Winkels,

f die Breite des Kalibers am Ende der unteren Flügelflächen gemessen,

α der Winkel der Aussenflächen.

Beispiel	Dimensionen	b Linien	s_1 Linien	s_2 Linien	h_1 Linien	h_2 Linien	d Linien	d_1 Linien	d_2 Linien	w_2 Linien	w_1 Linien	f Linien	α Grad
I	4″ + 4½″ (105 + 118 mm)	60	38	26,5	36	34	35	34	—	13	11	59,375	135
		60,5	43,5	31	23	18,5	27	22	—	25		61	118
		62	50	34	13	12,75	18,75	41	12,5	34,5		63	94,5
		64,25	54	36	5,75	4,25	13,5	7	6,5	33,5		64	88,5
		64,25	54,5	36,375	0	0	10	5	5,25	—		66	91
II	2″ + 2½″ (52 + 65,5 mm)	37	20,5	17,7	22,3	18,3	20	19	19,3	gleiche		37	—
		37,4	24	19,6	11	11	14	12	12,3	Steigung		37,4	—
		38	29,6	24	4	3,3	13	8	8,5	—		38	—
		38	30	24	0	0	8,5	5	5	—		38,4	—
		38	30	24	0	0	6,5	3,3	3,3	—		38,4	—
		38	30	24	0	0	5	2,3	3,3	—		38,4	—
III	3″ + 2½″ (78 + 65,5 mm)	45,2	28	23,5	20,3	20	28	—	—	gleiche		45	—
		45,5	31	25	10,6	11,3	19,3	14	14,5	Steigung		46	—
		46,3	34	29	4	3	14,4	8,4	8,7	—		46,4	—
		46	36	30	0	0	11	6	6	—		46,4	—
		46	36	30	0	0	8,7	4,5	4,5	—		47	—
IV	2⅞″ + 1½″ (75 + 39 mm)	34,2	27,5	12,2	16	16	—	—	—	9,3		34,2	—
		35,5	31	16	7,5	7,5	—	10	11	14,3		35,6	—
		36,3	33	18	3	0	—	5	6	15		36,3	—
		39	34,5	18	0	0	—	3,5	4	16		39	—
		39	34,5	18	0	0	—	2,6	3,3	16		39	—
V	1″ + 1½″ (26,5 + 39 mm)	20,5	16	10,5	5	5	—	6,6	—	gleiche		21	—
		21	17,4	11,4	2	1,3	—	4	4,2	Steigung		21	—
		21	18	12	0	0	—	3	3	—		21,6	—
		21	18	12	0	0	—	2,2	2,2	—		22	—
		21	18	12	0	0	—	—	1,6	—		22	—

Beispiel	Dimensionen	b Linien	s_1 Linien	s_2 Linien	h_1 Linien	h_2 Linien	d Linien	d_1 Linien	d_2 Linien	w_1 Linien	w_2 Linien	f Linien	α Grad
VI	1/2" + 5/8" (13 + 16 mm)	8,5	7,5	5,6	2	2	—	—	—	4		8,5	—
		9,6	7,5	5,6	1	1	—	2	2	4,3		9,6	—
		9,6	7,5	6	0	0	—	1,5	1,5	5		9,6	—
VII	4" + 2 1/2" (105 + 66 mm)	51,3	32,3	18,8	36	36	—	35	35	gleiche		51	—
		52,5	36	21,5	24	22,5	—	22	23,6	Steigung		53	—
		54,4	42	25	13	13	—	12,5	13,6	—		56	—
		54,4	46,4	28	4,5	4	—	8	9	—		56,6	—
		54	49	30,4	0	0	—	5,5	5,5	—		57,3	—
VIII	4" + 5" (105 + 131 mm)	63	37	30	42	42,6	—	—	—	gleiche		62,6	—
		69	45	37,6	27	26	—	—	—	Steigung		69	—
		75,7	59	48	10	10	—	17	18,2	—		74,5	—
		78,5	61	50	0	0	—	12	13	—		79	—
		78,6	61	50	0	0	—	7,5	7,8	—		79	—
		78,6	61	50	0	0	—	5,5	6	—		79	—
IX	4" + 7" (105 + 183 mm)	93,625	61	39	48	59	62	—	—	24,75	13,5	—	—
		94	73,5	39,5	30	39	50,5	37,75	42,75	48,25	21	—	—
		95	84	46,5	14	20,5	42	27,75	28,5	53,25	35	—	—
		95,625	85	46,75	11	11	29	19	18,5	45,5	39,5	—	—
		96	84	48	0	0	20	12	12	37	43,5	—	—
		96,5	84,5	48,5	0	0	15,5	8,5	8,5	40	42	—	—
		98,5	85,5	48,5	0	0	13	7	6,5	40	42	—	—
		99	85,5	48,75	0	0	11,5	6	6	40	42	—	—

Ueberblickt man die vorstehenden Beispiele, so zeigen sich für die Stärke des kürzeren Schenkels d_2 grössere Zahlen als für die des längeren, also auch gleich zu Anfang stärkere Drucke, die sich nach und nach verlieren. Durch eine solche Dimensionirung der Kaliber will man der Neigung des Stabes, beim Austreten aus der Walze eine seitliche Richtung zu nehmen, entgegenarbeiten und die grössere Druckfläche und die daraus hervorgehende grössere Druckwirkung (auf den längeren Schenkel) paralysiren.

§ 728. Bezüglich der Lage der Kaliber bleibt noch zu erwähnen, dass die geraden Seiten des Winkels meist in der Unterwalze liegen, so dass der Stab, ohne gewendet zu werden, stets der Unterwalze die convexe Seite zudreht.

Hollenberg führt hierzu an, dass das erste Kaliber eine Ausnahme mache und mit der convexen Seite nach oben liege. Diese Bemerkung ist auffallend, da nur zwei der von Hollenberg gezeichneten Beispiele (auf seiner Taf. XVII) eine andere Lage für das erste Kaliber aufweisen, als die mit dem Winkel nach unten. Die auf derselben Tafel befindlichen Kaliberzusammenstellungen sowie die Zeichnungen auf Taf. XVIII zeigen gleiche Lage für alle Kaliber.

Der angegebene Grund für diese Maassregel, dass die mit der concaven Seite nach der Unterwalze gekehrten Flügel sich genauer nnd sicherer in die Walzen einführen, scheint dem wiederholt, namentlich aber bei Doppel-T-Eisen zur Wirkung gelangenden und hervorgehobenen Bestreben der Kaliberseiten, in den Unterwalzen den Stab nach oben zu drücken, entgegenzustehen.

Weiter macht Hollenberg auf die Stellung der Kaliberschlussflächen und ihre Einwirkung auf die spätere Verwendung aufmerksam. Die letztere geschieht meist unter der Voraussetzung, dass die Winkel sich mit der convexen Seite glatt anlegen lassen. Schliesst man nun das Kaliber an den Flügelspitzen unmittelbar an glatte, der Walzenaxe parallele Ringflächen an, so entstehen leicht Bärte, welche Nacharbeit, Hauen und Feilen veranlassen, wenn sich die Schenkelaussenflächen glatt auflegen sollen. Verwandelt man dagegen die Ringflächen an den Flügelspitzen in konische Flächen, welche denselben Winkel machen wie die Flächen des Kalibers in der Unterwalze, so ist ein etwa entstandener Grat viel leichter zu entfernen. Im anderen Fall müssen die Flügelspitzen des Kalibers sehr sorgfältig passen und man muss ausserdem mit Aengstlichkeit eine bestimmte, der Gratbildung minder günstige Temperatur inne zu halten suchen.

Noch macht Hollenberg auf einen praktisch wichtigen Punkt bei der Kalibrirung aufmerksam, der aus der verschiedenen Haltbarkeit der beiden Walzen von selbst hervortritt.

Die Unterwalze, welche meist die convexe Seite der Stäbe aufnimmt, zeigt in der Regel eine grössere Haltbarkeit als die mehr profilirte Oberwalze. Aus diesem Grunde lässt sich Erstere zu mehreren Façons benutzen, indem man die Kaliber für die grössten Breiten unter gleichmässiger Winkelabnahme einrichtet. Arbeitet nun mit einem solchen Unterkaliber ein oberes von geringerer Breite, so grenzt man dasselbe bis zu den in die Oberwalze eingreifenden Zwischenringen durch genau auf der Unterwalze laufende Kegelflächen ab. Der Einfacheit wegen geschieht dies gewöhnlich nur an einer Seite des Profils, während das andere an den Zwischenring stösst.

Hollenberg bildet derartige Kalibrirungen Fig. 4 und 5 der Taf. XVIII ab.

§ 729. Dickmann theilt betreffs der Winkelaxenkalibrirung Folgendes mit. Er betrachtet Winkeleisen als aus zwei zu einander geneigten Flacheisen bestehend und folgert daraus, dass die Drucke in den aufeinander folgenden Kalibern dieselben werden, wie bei Flacheisen.

Die Abnahme bezw. Zunahme der aufeinanderfolgenden Kaliber ist selbstredend bei gleicher Dicke beider Schenkel die gleiche; sind die Schenkel ungleich, müsse man die Zunahme des schwächsten Schenkels zunächst bestimmen und danach den zugehörigen stärkeren Schenkel im selben Verhältniss dicker machen, als der Dünnere des Fertigwinkeleisens zu dessen Stärkeren steht. Dann würde die gleiche Längenausdehnung eintreten.

Die mittlere Breitung nimmt Dickmann im Mittel gleich 1 mm an, gibt aber der Breitung eine etwas andere Gestalt, die sich durch eine Construction ergibt.

Im Uebrigen richtet sich Dickmann wieder nach seinen Formeln zur Berechnung der Dicken des Flacheisens und gibt nun zwei Zusammenstellungen von Kalibern für ungleichschenklige Winkel.

Die anderen Herstellungsmethoden erwähnt Dickmann gar nicht.

§ 730. Für die hier beschriebenen Kalibrirungsmethoden des Winkeleisens sind auch die Fehler von Interesse, welche beim Walzen vorkommen und besonders von Hollenberg hervorgehoben wurden (a. a. O. S. 94).

1. Die Schenkelspitzen werden nicht voll;
2. Das Gegentheil tritt ein und es bilden sich Grate;
3. Der rechte Winkel (die convexe Seite) zeigt Querrisse oder Lücken.

Gegen 1 und 2 hilft theilweise und auch ganz die Aenderung der Temperatur, da folgende Erfahrungen vorliegen.

Treten Grate auf, so walzt man wärmer, da warmes Eisen mehr streckt als breitet.

Füllen sich die Schenkelspitzen nicht, ist das umgekehrte Mittel indicirt, also kühleres Walzen.

Helfen diese Mittel nicht, so muss an der vorhergehenden Kalibrirung geändert werden.

Für den Fehler 1 dreht man alsdann, ohne die Walze aus den Ständern zu nehmen, das vorhergehende Kaliber an den Flügelspitzen nach, um mehr Material an diese Stelle zu bringen, oder man verlängert die Schenkel dadurch, dass man den Scheitelwinkel kleiner nimmt als 90^0 (wofür in den Tabellen verschiedene Beispiele sich finden).

Für den Fehler 2 nimmt man im Vorkaliber in der Bucht des Winkels etwas mehr Material von der Walze fort und bringt dadurch das Walzmaterial von den Flügeln mehr nach der Mitte.

Der Druck wird allerdings im ganzen nächsten Kaliber etwas stärker; der erwartete Effect tritt also doch ein.

In beiden Fällen muss man, wenn die angerathenen Mittel eine Abhülfe nicht bringen, auch noch mit dem vorvorhergehenden Kaliber Aenderung vornehmen.

Der dritte Fall ist nach dem eben Gesagten leicht zu regeln, indem man dem vorhergehenden Kaliber einen grösseren Querschnitt an der betreffenden Stelle gibt, um dort den Druck zu verstärken. Man dreht, wie für den Fehler 2, die den Innenwinkel bildenden Walzentheile einfach nach.

Das Wellen tritt beim Winkeleisen aus gleichen Gründen auf wie bei den Stegprofilen (Einfach- und Doppel-T, Schiene); sobald eben ein Flügel stärker gestreckt wird als der andere, muss er sich wellen. Leitungen, die das Eisen streifen, können auch Schuld tragen.

Gegen das oft beobachtete Ziehen oder Verziehen der Winkeleisen in Folge ungleicher Erkaltung hilft ein Biegen im warmen Zustande nach der entgegengesetzten Richtung.

Ein Eisensattel mit mehreren Segmenten wird von Hollenberg deshalb empfohlen, weil man alsdann Biegung und Neigung ändern kann.

Man schlägt (wie auch bei den Schienen älterer Profile) mit Holzhämmern den Stab in das Bett hinein oder lässt ihn blos hineinfallen.

§ 731. Die übrigen Darstellungsmethoden für Winkeleisen treten in der Anwendung gegen die geschilderte sehr zurück.

Die oben als zweite angeführte Methode, die Winkeleisen in Kalibern mit abwechselnd stehenden und liegenden Schenkeln zu walzen, wird wiederum in zweierlei Weise ausgeführt. Einmal sind nur

die grösseren Kaliber stehend, bezw. liegend, während die späteren Kaliber wie immer angeordnet werden. Das andere Mal wechseln die Kaliber bis zum Fertigkaliber stets.

Die Anordnung ist dann insofern eine ähnliche wie bei dem T-Eisen, als abwechselnd eine Drückung und eine Stauchung beider Flügel wiederholt stattfinden kann.

Man kann dabei natürlich auf den liegenden Schenkel einen grösseren Druck ausüben als bei der anderen Methode auf den schrägliegenden, und man erreicht eine grössere Verdichtung des Eisens, ohne (wie das bei den schrägliegenden Schenkeln geschehen müsste) durch einen starken Druck und eine Materialanhäufung in den Schenkelspitzen Bärtebildung hervorzurufen. Auch vermeidet man durch solches Walzen sehr viel leichter das schiefe Austreten der Stäbe aus dem Kaliber.

Bei der Kaliberconstruktion kann man den flachliegenden, der Walzenaxe parallelen Flügel des Winkels als Flacheisen ansehen und Druck und Breitung wie bei einem Flacheisenkaliber oder auch etwas geringer nehmen.

Den in den unteren Walzenkörper hineinragenden Flügel muss man konisch machen, um ihn leichter zu lösen.

Bei nicht gleichschenkeligen Winkeln legt man in den letzten Kalibern vorwiegend den längeren Schenkel parallel zur Walzaxe und staucht nur mehr den kürzeren.

Französische Walzwerke wenden diese Methode nur für die ersten Kaliber an und gehen später, nachdem sie die erforderliche Verdichtung des Eisens erreicht haben, zur gewöhnlichen Kaliberlage über.

Bezüglich der dritten Methode der Winkeldarstellung, welche in Skizze 6 des Textblattes B veranschaulicht worden, ist weiter oben das Erforderliche bereits mitgetheilt. Hollenberg bespricht diese schon 1866 von Daelen kurz und ohne Einzelheiten bekannt gegebene Methode auch in seiner Schrift und fügt noch die Mittheilung dazu, dass man beim Uebergang aus der Flachspur in die winkelige Form einen Sattel mit Form anwende, in welchen das einzusteckende Ende des Winkeleisenstabes gebracht werde, um durch einen kräftigen Hammerschlag die Neigung des folgenden Kalibers zu erhalten. Dadurch erst würde ein Fassen durch die Walzen möglich und die weitere Biegung könne alsdann durch die Walzen vermittelt werden.

In neuerer Zeit ist von dieser Art der Herstellung nicht weiter die Rede gewesen und es ist jedenfalls die gewöhnliche Methode des Walzens die Bevorzugte geblieben.

Bezüglich der Flusseisenverwendung ist besonders darauf hinzuweisen, dass dieses Material weniger als ein anderes ungleiche Streckungen verträgt und dass Zerreissungen zu dünn gewordener Querschnittselemente neben stärker gebliebenen, nunmehr zu drückenden Theilen, hier weit rascher eintreten, den Erfahrungen entsprechend, die man auch bei dem Walzen der ersten Flusseisen- und Flussstahlschienen gemacht hat.

Die im Vorstehenden gegebenen Anweisungen zur Kalibrirung von Winkeleisen lassen sich auch auf andere Profile gleicher Art anwenden; dass sie so ausführlich geworden sind, mag durch den Hinweis auf die Wichtigkeit und Verbreitung der Winkeleisen entschuldigt werden*).

§ 732. Als aus den Winkeln entstanden kann man zunächst die Z-Eisen und die U-Eisen ansehen. Unter Z-Eisen versteht man ein Profil von der Gestalt ⎤⎣ und kann dasselbe betrachten als eine Zusammenfügung zweier Winkel, wobei sich zwei Flügel der beiden Profilelemente zu einem Steg vereinen oder sich decken und ihre Oeffnungen nach entgegengesetzten Seiten des Profils gerichtet haben. Es ist ein niedriges T-Eisen von dem die Fusshälften oben rechts, unten links oder umgekehrt fehlen.

Unter U-Eisen versteht man Trägerprofile von der Gestalt ⊏, besonders für den Bahnwagenbau bestimmt, denen ebenfalls die Fusshälften fehlen, aber auf einer und derselben Seite des als Steg zu betrachtenden Mittelstückes. Man kann sich auch zwei Winkel so vereinigt denken, dass ein Paar Flügel in einer Ebene aneinanderstossend, bezw. zusammenfallend einen Steg bilden, so dass die übrigen Flügel auf derselben Seite des Steges liegen.

Diese beiden Profile ⎤⎣ und ⊐ (auch C-Eisen genannt) sind, das erstere zur Benutzung bei Dachconstruktionen, das letztere zum Wagenbau etc., so sehr wichtig, dass die Herausgeber des deutschen Normalprofilbuches, Heinzerling und Intze, im Verein mit den betheiligten Interessenten auch für diese Profile die Ausbildung besonders geeigneter statischer Verhältnisse sich haben angelegen sein lassen. (Deutsches Normalprofilbuch, 4. Auflage, Aachen, La Ruelle.)

*) Auch das deutsche Normalprofilbuch, herausgegeben von Heinzerling und Intze (4. Auflage, Aachen 1889, La Ruelle), führt ja eine stattliche Schaar von 61 Stück gleichschenkeligen Winkeleisen nach Schenkellängen geordnet und nummerirt auf, zu denen noch 28 Normalien für ungleichschenkelige Winkeleisen kommen. Die letzteren sind nach zwei Verhältnissen beider Schenkel, im übrigen nach Schenkellängen und Dicken geordnet, wie die gleichschenkeligen Stäbe.

Die Tabellen enthalten genaue Schwerpunktsbestimmungen, was für den Walzenconstrukteur sehr bequem und wichtig ist. Die Form der Füsse ist nicht immer den alten Profilen entsprechend, es sind durchgängig parallelflächige Füsse durch eine Cylinderfläche in der Buchtung verbunden und ebenso cylindrisch gerundet, wobei der Radius der Fussspitze halb so gross ist wie der Radius der Buchtung und gleich der Hälfte der Fussdicke.

Bei mehreren Fussdicken für gleiche Schenkellängen wird die mittlere Fussdicke genommen und für alle Fälle angewendet.

Abgesehen von der Wichtigkeit der Winkeleisen an sich, belehrt auch ihre Kalibrirung über sehr Vieles, umsomehr, als man die Winkel als Ausgangsform für mehrere andere Profile betrachtet, deren Walzenkaliber sich leichter construiren lassen, wenn man die bei dem Kalibriren der Winkel gewonnenen Erfahrungen berücksichtigt.

Bei dem Z-Eisen wurde z. B. im Interesse der Benutzung bei Dachconstructionen einerseits mit der Höhenabstufung für geringe Belastungen bis zu 30 mm heruntergegangen, andrerseits wegen der Neigung zur Ausbiegung nach der Seite der Steg etwas dicker genommen, als es des Walzens wegen noch zulässig gewesen. Die hierbei auftretenden relativ grossen Flanschen oder Flügelbreiten ergaben sich aus der Anforderung, auch diese kleineren Z-Eisen noch bequem nieten zu können.

Da diese Z-Eisen wie Winkeleisen gewalzt werden, stand nichts im Wege, die Flügel überall gleich dick, also durchaus parallelflächig zu machen.

Bei den U- oder C-Eisen war die Arbeit der zur Herausgabe des Profilbuches vereinten Kräfte keine so einfache, weil die bereits existirenden Verwendungen erstens sehr auseinander lagen und weil für wichtigere derselben Normalien existirten, deren Beseitigung ohne Weiteres nicht angängig war und welche eine Skala mit einer gewissen Gesetzmässigkeit in der Form zu bilden nicht gestattete.

Man stellte demzufolge eine Tabelle sorgfältig berechneter Normalprofile zusammen, wobei die günstigsten statischen Verhältnisse aufgesucht worden waren und fügte eine zweite Tabelle hinzu, welche in ihren sechs Gliedern die vorläufig beibehaltenen älteren Normalien von U-Eisen für den Eisenbahnwagenbau umfasst.

Die Darstellung der Z-Eisen ist auch noch auf andere Weise versucht worden, da sogar Universalwalzwerke für dasselbe bekannt geworden sind.

Ein solches auch für Winkel geeignetes Walzwerk hat u. A. W. E. Highfield in Philadelphia construirt (D. R.-P. No. 399896).

Dasselbe arbeitet mit konischen Walzstücken, die auf convergirenden Wellen, mit konischen Getrieben verbunden, aufgesteckt sind und durch excentrische Scheiben mit Treibstangen in ihrer Lage verstellt werden können. Die Bewegung erfolgt von einer durchgehenden Welle aus durch Mitnehmer!? Wegen der Details des Walzwerkes wird auf das Patent verwiesen (vgl. Stahl und Eisen 1890, S. 58).

Im Anschluss an das Gesagte ist auch noch anzuführen, dass auch die winkeligen, in geknickten Profilen gebogenen Laschen ähnlich wie die Winkeleisen kalibrirt wurden.

§ 733. Weitere Ableitungen aus den Winkeleisen sind, an die U-Eisen sich anschliessend, die Belageisen von der generellen Form _/‾_, theils trapezförmig, theils gerundet.

Diese Profile sind entstanden aus dem Bestreben, stärker belastete Decken hinreichend haltbar und doch leicht an Metall herzustellen. Sie sind in Frankreich und Belgien sehr frühzeitig und in verschiedener Form hergestellt worden und haben stets den Namen fer Zorès geführt.

Nach Brandt, Eisenconstruktionen, 2. Aufl., S. 279, finden sich die Einzelheiten dieser Trägerconstruktion in einer Schrift niedergelegt, welche den Titel führt: Emploi des fers en Λ dits fers Zorès, dans la construction des planchers par A. Schwaeblé, Ingénieur, 1865.

Es waren anfänglich hohe Profile mit starkem Scheitelstück und Flanschen, dagegen schwächeren Stegen, und wurden wesentlich in zwei verschiedenen Abstufungen hergestellt, als Haupt- und als Nebenträger. Die Maasse sind:

	für den Hauptträger	für den Nebenträger
Ganze Höhe	180 mm	100 mm
Scheitelbreite aussen	60 „	35 „
Flanschenbreite der Stegfüsse .	50 „	30 „
Dicke im Scheitel	14 „	8 „
Dicke im Steg	7 „	4 „
Dicke der Flanschen oder Füsse	11 „	6 „
Gewicht pro laufenden Meter .	32 Kilo	11 Kilo.

Neben dieser hohen Form traten nunmehr bald auch gerundete Formen auf, welche wiederum in zwei verschiedenen Sorten, abgesehen von verschiedener Grösse, fabricirt wurden.

Es waren einerseits halbrunde, d. h. in halber Röhrenform gestaltete Profile, welche nur auf der Mitte der Aussenseite des Kreisbogens eine Rippe in Gestalt eines rundlichen Wulstes hatten. Andererseits waren es etwas gedrückte Formen, dadurch entstanden, dass die halbkreisförmige Gestalt im Scheitel durch einen plattenförmigen Theil unterbrochen und abgestumpft wurde.

Die einen werden als gerundet (arrondis), die anderen als gerundet abgestumpft (arrondis tronqués) von den betreffenden Fabrikanten bezeichnet und neben den spitzer gebogenen, mehr Λförmigen, fabricirt.

§ 734. Das deutsche Profilbuch ist in der Form dieser für die Ausbildung von Decken mit grösseren Belastungen sehr wichtigen Profile von den vorhandenen und bekannten Querschnittsgestaltungen insofern abgewichen, als einerseits durch eine relativ etwas grössere Höhe, die der Ausführung an sich keine besonderen Schwierigkeiten entgegensetzt, eine bessere Eisenausnutzung erzielt wird, und andererseits durch passende Abstufung in den Höhen eine bessere Reihenfolge entsteht.

Dass nur fünf Profile dieser Art entworfen und berechnet worden sind, wird in den Erläuterungen des Profilbuches dadurch motivirt, dass durch Veränderung der gegenseitigen Lage und Entfernung, Auseinanderschieben und Zusammenrücken ein grosser Wechsel in der Belastung bei gleicher Materialbeanspruchung (des einzelnen Stabes) möglich und zulässig ist.

Die rein trapezförmigen Belageisen sind zu den Normalprofilen nicht herangezogen worden, weil die Lastübertragung auf die geraden Seitenwände dieser Eisen durch die Füllmassen keine so günstige ist wie bei den gewölbten Profileisenformen — und weil die neuen Normalprofile sich nach und nach eingebürgert haben.

Die Einzelmaasse der Stäbe haben sich theils aus vorhandenen Profilen, theils aus dem Bestreben entwickelt, eine möglichst vortheilhafte Ausnutzung des Eisens bei noch gut ausführbarer Walzung zu erzielen.

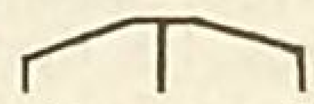
Von Werth für die Kalibrirung ist, dass der Schwerpunkt fast genau mit der halben Höhe zusammenfällt, wodurch sich die Walzendrucke auf beiden Seiten des Kalibers gut ausgleichen lassen.

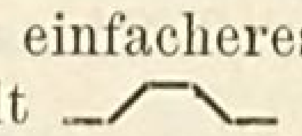
§ 735. Weitere Ableitungen von dem Profil der **U**- und Belageisen sind die verschiedenen Schwellenprofile des Eisenbahnoberbaues. Dieselben haben, von der ersten Langschwelle an, die zuerst versuchsweise, dann dauernd eingeführt worden ist, bis zu den neuesten Querschwellenprofilen den Walzern sehr viele Mühe und Zeit gekostet, ehe alle Schwierigkeiten der Kalibrirung überwunden waren.

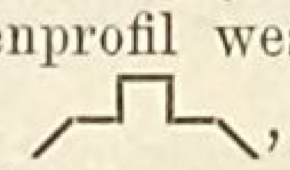
Es sind dies wesentlich zweierlei Fabrikate: Langschwellen und Querschwellen, welche sich ganz erheblich von einander unterscheiden.

Auf den preussischen Staatseisenbahnen sind eingeführt gewesen, bezw. noch eingeführt:

das System Hilf,
„ „ Rheinische Eisenbahn,
„ „ Haarmann.

Die erste Art Langschwellen hat ein Profil , dessen Steifigkeit durch die Mittelrippe erheblich gesteigert wird, weshalb die Eisenbahnverwaltungen dem anfänglichen Drängen der Walzwerke, diese Rippe als Hinderniss correkter Walzarbeit wegzulassen, nicht nachgegeben haben, umsoweniger, als die Schwierigkeiten behoben werden konnten. (Grüttefien, Erfolge verschiedener Systeme des eisernen Oberbaues bei der preussischen Eisenbahnverwaltung; Glaser's Annalen 1880, II, 208.)

Nebenbei gelangte ein etwas einfacheres, der Vautherin-Querschwelle nachgeahmtes Profil der rheinischen Eisenbahn von der Gestalt  zur mehrfachen Anwendung, dessen Herstellung ausserordentlich viel einfacher erscheinen musste, weil die Mittelrippe fehlte und die Randrippen in horizontale Flanschen verwandelt worden waren.

Während diese beiden Langschwellensysteme aus den Kreisen der Eisenbahnverwaltung stammten, ist das Haarmann'sche Langschwellenprofil wesentlich unter Mitwirkung hüttenmännischer Kräfte entstanden. Dieses Profil, von der Form , ist später nach J. W. Schwedler modificirt und demnächst zur Einführung gelangt. Es bietet etwas mehr Schwierigkeiten in der Herstellung als das vorhergegangene Profil; gegen das Hilf'sche Profil hat es aber den Vorzug gänzlichen Wegfalls der stehenden Profilelemente. Die eisenbahntechnischen Vorzüge wie Nachtheile der drei Profile kommen natürlich hier nicht in Betracht.

Bezüglich der als Ersatz der hölzernen Querschwellen in Vorschlag gebrachten Profile ist zunächst und schon deshalb in erster Linie auf die Vautherin-Schwelle hinzuweisen, weil sie eine der wenigen Schwellenformen ist, von welcher die Kalibrirung bekannt geworden.

Bekanntlich haben die ersten mit dieser Schwellenform angestellten Versuche keine dauernden Erfolge ergeben, da, wie dies Grüttefien (a. a. O., S. 264) hervorhebt, nach mehrjährigem Gebrauch sich eine Reihe von Mängeln, Spurerweiterungen, Längen- und Querrisse etc., gezeigt hatten, welche die sofortige Beseitigung dieser Schwellen zur Folge hatten.

Die Bergisch-Märkische Bahn nahm 1874 das System der im Princip als zweckmässig erachteten Querschwellen wieder auf und suchte es weiter auszubilden, indem gleichzeitig auch Vergleiche mit Langschwellenoberbausystemen angestellt wurden.

Das Profil Vautherin's wurde dabei noch festgehalten, aber unter erheblicher Verstärkung (57,5 Kilo pro Meter) angewendet.

Neben diesem Profil von der Form  kam bei der preussischen Eisenbahnverwaltung noch ein von Hilf bereits für Weichenanlagen vortheilhaft benutztes Profil zur Verwendung, welches etwas schmäler als die Langschwelle gleicher Bezeichnung, aber mit einer auf der Unterseite aufgewalzten Verstärkung unter Wegfall der früheren hochkantigen Rippe construirt war. Von diesem Profil sind einige Kalibrirungen bekannt geworden, auf die unten zurückzukommen sein wird.

Dieses Profil  bildet denselben eisenbahntechnischen Gegensatz zur Vautherin-Querschwelle wie die Hilf'sche Langschwelle zur Langschwelle des Systems der rheinischen Eisenbahn. Aehnlich ist die Schwelle zu dem neueren System Haarmann, mit Hakenplatten, gestaltet.

Diese Andeutungen mögen genügen, um das Wesen dieser wichtigen Fabrikate zu erläutern, denen in allerneuester Zeit durch Stauchungen noch veränderliche Profilformen gegeben worden sind.

§ 736. Im weiteren Sinn kann man den Belageisen und Schwellenprofilen ganz gut zwei Klassen von Walzwerksprodukten zugesellen, die nur für die Kalibrirung unwesentliche Abweichungen zeigen.

Verändert man in der That das Belageisenprofil durch Rundung auf einen Viertelkreis unter Annahme ganz gleicher Wandstärke und durch Anordnung von radial stehenden Flanschen, so entsteht das zum Säulenbau verwendete Quadranteisen, für welches das deutsche Normalprofilbuch zehn verschiedene Profile von 50—150 mm Radius (in der Mitte der Eisendicke gemessen) bietet, welche von Burbach sämmtlich, von einzelnen anderen Werken theilweise bereits hergestellt werden.

Etwas Aehnliches entsteht, wenn von der Vautherin-Schwelle die Flanschen entfernt gedacht und die Winkel des Profils genau gleich 135^0 gemacht werden . Es bildet sich das Quadratsäuleneisen, was z. B. Burbach in zwei Seiten-, aber sehr vielen Dickendimensionen walzt. (Vgl. Scharowsky, Musterbuch, S. 26, Tabelle der Hüttenprofile.)

§ 737. Als eine weitere Ableitung von den Winkeleisenprofilen kann man noch das Kreuzeisen von der Form  ansehen, obschon es vom rein geometrischen Standpunkt als absolut regelmässiges Profil die Reihe der Façoneisensorten hätte eröffnen müssen.

Der Umstand aber, dass man dasselbe nur bis zu bestimmten Querschnitten walzt und grössere Kreuzsäulen aus vier Winkeln zusammensetzt (vgl. die betreffenden Angaben des deutschen Normalprofilbuches, S. 3, Tabelle 1, letzte Spaltengruppe, und Scharowsky, Musterbuch, S. 23, Tabelle 9: Säulen aus vier gleichschenkeligen Winkeln), lässt die Einfügung an dieser Stelle gerechtfertigt erscheinen.

Es wird sich bei der Besprechung der Kalibrirung zeigen, dass die Abhängigkeit von den Winkeln wohl noch weiter geht, obschon auch das einfache **T**-Eisen, namentlich betreffs seiner Herstellung in **Y**-Form (vgl. § 720, S. 658), Vorbilder für die Kalibrirung zu geben vermag.

Kalibrirungen für Z-Eisen.

§ 738. Die Kalibrirung für Z-Eisen ist unter allen Schriftstellern, die sich mit der Walzenkalibrirung überhaupt abgegeben, einzig und allein von Hollenberg durch Abbildung zweier Walzenpaare, Taf. XXII, 3 u. 4, aber ohne jede zugehörige Erläuterung, berücksichtigt worden.

Es ist durchgängig eine Reihe von sechs Kalibern angegeben, wobei zu bemerken ist, dass die Grössen des Fertigkalibers folgende sind:

Höhe 60 mm	Fussbreiten 50 mm	Stegdicke 15 mm	Fussdicke 8 mm
„ 70 „	„ 60 „	„ 15 „	„ 10 „

Diese Dimensionen, die nur mit dem Zirkel abgegriffen und deshalb vielleicht nicht sehr genau sind, stimmen mit den für Z-Eisen gegebenen Normalprofilen insofern nicht überein, als das Dickenverhältniss von Steg und Fuss das umgekehrte wie das in den Normalprofilen ist. In den letzteren ist der Steg dünner als die Füsse, bei Hollenberg ist es umgekehrt.

Die Kalibrirung zeigt gleich in den ersten Kalibern die Andeutung der späteren Profillage, d. h. die diagonale, so dass der eine Winkel nach unten, der andere nach oben gerichtet ist und der Steg die Walzenlinie unter etwa 45^0 schneidet.

Es ist zu bemerken, dass die Neigung der Fussflächen anfänglich nur wenig, dann immer mehr von der Horizontalen abweicht, ganz der Kalibrirung für einfache Winkel entsprechend. Die Stegfläche und die oberen Fussflächen bilden jederseits eine anfänglich nur leicht geschwungene Linie, welche erst im vierten Kaliber die gerade Steglinie deutlicher erkennen lässt.

Von den beiden Füssen jeden Kalibers ist der eine etwas stärker als der andere gehalten, sogar im Fertigkaliber, woraus wohl die Folgerung zu ziehen sein dürfte, dass der Stab in jedem Kaliber zweimal unter Wendung um 180^0 durchgehen sollte. Der grössere Druck liegt dabei immer auf der Kaliberseite, auf welcher der eine Winkel des Kalibers nach unten, der allgemeinen Kalibrirungsregel des Winkeleisens entsprechend, gerichtet ist.

Die Kalibrirungsoperation dürfte sich einfach so vollziehen, dass man wie für ein Winkeleisen kalibrirt und dann stets zwei aufeinanderfolgende Kaliberhälften vereint und durch den im entsprechenden Winkel diagonal gelegten Steg verbindet, dessen Druckverhältnisse ganz genau dem Mittel der Fussdrucke entsprechen können.

In den zwei letzten Kalibern ist auch durch schräge, d. h. in der Richtung der Fussflächen gezeichnete Anschlüsse der Bund- und Zwischenringe im Sinne des bei der Winkeleisenkalibrirung Geäusserten dafür gesorgt, dass etwaige Grate nicht störend auf das Anlegen der Fussflächen gegen Blechplatten etc. wirken können.

Im dritten Kaliber etwa erreicht die Buchtlinie des stärker gedrückten Winkels die Walzenlinie, um sie dann zuerst stärker und dann wieder schwächer zu schneiden. Der Ueberdruck der Oberwalze beträgt (in der Walzenlinie) 3 Linien; die Differenz der Walzenflächendurchmesser steigt bis zu 19″ 1‴—15″ 9,5‴ = 3″ 3,5‴, einer ziemlich bedeutenden Grösse.

Kalibrirungen der U-Eisen.

§ 739. Dieses in Bezug auf den Steg unsymmetrische, nach einer normal zum Steg und in der Mitte desselben parallel zu den Flügeln gelegenen Ebene aber symmetrische Profil hat sehr viele Schwierigkeiten gemacht und es scheint, als wenn die Grenzen des Möglichen ziemlich eng gezogen gewesen wären. Die grösste Ausdehnung der Flügel oder Schenkel war nach Daelen $2^3/_4$—3 Zoll bei $^3/_8$ Zoll Dicke; soweit gelangte man mit der gewöhnlichen Kaliberconstruktion und trotzdem erhielt man viel Ausschuss.

Kalibrirungen der U-Eisen sind von Daelen und Hollenberg mitgetheilt worden. Der erstere (Preisschriften, S. 16) gibt in Fig. 2, Taf. VII, eine Kalibrirung für ein angebliches Ausnahmeprofil (dickere Flügel und dünneren Steg), welches aber mit den neuen, von Intze und Heinzerling berechneten und herausgegebenen Normalprofilen besser übereinstimmt als die alten Profile, die fast durchgehends gleiche Eisenstärken für Steg und Füsse zeigen.

Diese von Daelen gegebene Kalibrirung ist deshalb auch in Skizze 7 des Textblattes B wiedergegeben, weil sie eine dauernde Bedeutung hat, und es sind die Abnahmeverhältnisse so gewählt, dass für den Steg zuerst $^3/_4$, dann im letzten Uebergang $^4/_5$, für die Fussstärke ausschliesslich $^3/_4$ angewendet ist, während auf der später glatten Seite des Steges die dort anfänglich vorhandene Fussspur in den meisten Kalibern $^9/_{10}$, im letzten Uebergang aber $^8/_9$ als Abnahmeverhältniss zeigt.

Für die schlanken Flügel schlägt Daelen vor, nach Beispiel der Winkeleisendarstellung Universalwalzen mit zwei rechtwinkeligen Spuren in der Unterwalze und zwei Wulsten in der Oberwalze zu benutzen. Doch ist dieser Ausweg nur für dünne Profile von grösserer Flügelausdehnung ausführbar; sobald die Eisenstärken wachsen, verursacht das Aufbiegen, das in einem, besser zwei Kalibern zu geschehen hat, Schwierigkeiten und man kehrt deshalb zu der gewöhnlichen, hier gegebenen Kalibrirung zurück.

Die von Daelen angegebene Kalibrirung für Walzen mit Aufbiegung findet sich ebenfalls auf dem Textblatt B in der Skizze 8 dargestellt.

Hollenberg gibt nur eine Kalibrirung auf Taf. XXX (Preisschriften), Fig. 1—3, ohne eine textliche Bemerkung daran zu knüpfen. Die Verhältnisse stimmen nicht ganz mit den Daelen'schen überein, doch ist es in Abwesenheit aller Maasse schwer, Zahlen abzuleiten.

Kalibrirungen der Belageisen.

§ 740. Diese Profile zeigen naturgemäss complicirtere Kalibrirungsverhältnisse, welche zuerst und ziemlich allein durch den schon mehrfach genannten Ingenieur Choteau in seinem autographirten Sammelwerk: Tracé raisonné des cannelures de cylindres de laminoirs, bekannt geworden sind.

Er gibt die Darstellung dieser Profile sogar ziemlich ausführlich, indem er erstens dreierlei Formen, die oben § 733, S. 668 erwähnten

spitzen,
gerundeten und
gerundet abgestumpften Profile,

und dabei noch in je zweierlei Grössenabmessungen betrachtet.

Es sind zur Herstellung jedes dieser Profile drei Walzenpaare nöthig, von denen eins als gemeinsame erste Vorwalze für alle drei Formen dient, mit der Maassgabe, dass, wie gezeigt werden soll, der Uebergang des Walzstückes von verschiedenen Kalibern der ersten Vorwalze auf das erste Kaliber der zweiten Vorwalze stattfindet.

Diese zweite Vorwalze ist für die gerundeten Profile mit und ohne Abstumpfung gemeinschaftlich und nur das spitze Vförmige Profil hat seine gesonderte zweite Vorwalze.

Die Fertigwalzen sind für jedes der drei Profile gesondert vorhanden, weil jetzt sowohl Gestaltung als auch Druckverhältniss weit auseinander gehen.

Die Kalibrirungen sind aus den Skizzen 22—26 der Texttafel B deutlich zu ersehen und ihre Entwickelung geschieht folgendermaassen.

Das Packet, bezw. Materialstück geht für das gewöhnliche Vförmige Belageisen durch die in Skizze 22 verzeichneten Schweiss- und Stauchkaliber der Vorwalzen, deren Ausgestaltung ohne Weiteres verständlich ist.

Das letzte dieser Vorkaliber gestattet ohne Weiteres den gleichsinnigen Uebergang in das erste der Vorkaliber Skizze 26, welches schon eine Andeutung eines Eindrucks von oben und einer convexen Wulst nach unten zeigt.

Die Aehnlichkeit der weiteren Kaliberentwickelung mit der bei den Winkeln beobachteten und bewährten ist ganz offenbar, da in ganz gleicher Weise die Convergenzen der Seiten und des oberen Einschnittes, sich stetig ändernd, voranschreiten.

Die runden und die abgestumpften Belageisen beginnen die Specialkalibrirung früher, denn die erste Vorwalze hat nur die zwei ersten Stiche mit der Vorwalze der vorher besprochenen Belageisen gemeinsam. (Selbstverständlich kann man alle diese fünf Kaliber auf einer Vorwalze für alle drei Eisensorten unterbringen.)

Das im dritten Kaliber der Skizze 23 stark flachgedrückte Stück durchläuft nunmehr drei Kaliber einer zweiten Vorwalze, die es in die Rinnengestalt mit Flügeln überführen, gleichgültig ob das Fertigprofil später mit Wulst oder abgestumpft sein soll.

Vom vierten Kaliber der Skizzen 24 und 25 an beginnt die specielle Entwickelung jeder der beiden Formen, die sich leicht verfolgen lässt. Sonderbar ist, dass sich der Wulst bei beiden in drei bis vier Kalibern deutlich entwickelt, dann für das Wulstprofil eine Stauchung erleidet, während er für das flache Profil durch eine Abflachung in das Fertigprofil übergeleitet wird.

Kalibrirungen der Schwellen zum Eisenbahnoberbau.

§ 741. Die Kalibrirung der im Eisenbahnoberbau angewendeten älteren und neueren Schwellenprofile ist wenig bekannt geworden. Die Schwierigkeiten, welche bei der Herstellung einzelner dieser Profile zu überwinden waren, haben begreiflicher Weise die zuerst ans Ziel gelangten Werke gehindert, irgend welche speciellen Mittheilungen zu einer Zeit zu machen, wo der Wettbewerb von einer derartigen Mittheilung hätte Nutzen ziehen können.

Später wiederholte sich das gleiche Verhältniss bei jedem neuen Profil und es wurde die gleiche Vorsicht beobachtet, obschon die nach und nach abnehmenden Schwierigkeiten nicht mehr das gleiche Maass der Zurückhaltung gerechtfertigt hätten.

Die Einführung des Flusseisens und namentlich des Thomaseisens in den Façonwalzbetrieben für Schwellen rief neue Schwierigkeiten hervor und gab, den immer höher gespannten Anforderungen der Eisenbahn-Verwaltungen gegenüber, Veranlassung zur thunlichsten Geheimhaltung gelungener Kalibrirungen.

Wenn auch das U- oder C-Eisenprofil ein allgemeines Vorbild für die geometrische Behandlung der Kalibrirungsaufgabe solcher rinnenförmiger Profile bot, so entstanden doch verschiedene besondere Schwierigkeiten durch einzelne von den Construkteuren des Oberbaues eingeführte Details.

Es ist hinlänglich bekannt, dass die zum Hartwich'schen Eisenbahnoberbau gehörige Langschwelle von der Form  wegen des Vorhandenseins der Mittelrippe anfänglich grosse Schwierigkeiten bei der Kalibrirung gemacht hat, welch letztere übrigens niemals bekannt geworden ist. Daelen, welcher das Profil S. 17 seiner Abhandlung erwähnt, bespricht nur ein hierzu angewendetes, äusserst complicirtes Façonpacket, welches aber ermöglicht hätte, das Profil in verhältnissmässig sehr wenigen Kalibern fertig zu walzen.

Sonst sind in der einschlägigen Literatur ausser einer von W. Petzholdt in seinem „Eisenbahnmaterial", Taf. XXVII, wiedergegebenen Kalibrirung einer Vautherin-Schwelle, welche mit 11 Durchgängen das Fertigkaliber erreicht und nur ein stehendes Kaliber, das zweite, besitzt, nur zwei neuere Kalibrirungen für Schwellen des zweiten Hilf'schen Profils (s. Schluss des § 735) bekannt geworden.

Dieselben finden sich in den Anlagen zu dem Bericht, welchen eine Commission des Vereins deutscher Eisenhüttenleute über im Auftrag desselben unternommene Versuche, betreffend die Kraftleistung in Walzwerken, erstattete, und sind abgebildet auf Blatt III und IV des zweiten Heftes des 1. Jahrgangs von Stahl und Eisen, August 1881.

Die eine der beiden Kalibrirungen (der Gesellschaft Phönix) bildet von Anfang an die beiden Füsse oder Ränder der Schwelle parallelflächig und mit normal zur Walzenaxe gerichteten Aussenseiten, ähnlich wie die U-Eisenkalibrirung Skizze 7, aus und führt auch die Uebergangsschrägen sowie die auf der Unterfläche befindliche Wulst wesentlich im Sinne der Daelen'schen Parallelen durch. Da ausser den Breiten alle Dimensionsangaben fehlen, lässt sich nicht genau feststellen, wo die für die Abnahmeverhältnisse maassgebenden Dimensionen liegen.

Noch weniger ist dies bei dem zweiten Beispiel, der Schwellenwalze von Oberhausen, möglich, wo nicht einmal die Breite angegeben ist.

Im Gegensatz zu der vorigen Kalibrirung nähert sich das zweite Beispiel mehr dem Daelen'schen Vorschlag (Skizze 8 der Texttafel), und es werden erst in den zwei letzten Stichen die Füsse parallelflächig, während sie in den drei vorhergehenden Kalibern noch nach aussen geneigt liegen und im ersten Kaliber der Fertigwalze kaum ausgebildet erscheinen.

Den Aussenkanten der oberen Profilhälfte gegenüber (welche die obere ebene Fläche begrenzen) findet sich auf der Innenseite ein Wulst vor, der schon in dem zweiten Stich der Vorwalze zu erkennen ist und erst im dritten Stich der Fertigwalze verschwindet.

Zu bemerken ist noch, dass das gegenseitige Verhältniss benachbarter Querschnitte anfänglich von 0,803 bis 0,707 im siebenten Stich fällt, dann aber rapid bis zu 0,897 im elften Stich steigt. Die Werthe liegen alle in einer von Blass entworfenen geknickten Curve (vgl. die Quelle, Taf. I).

§ 742. Genauer messbar wegen des einfacheren Profils ist die von Petzholdt gegebene Kalibrirung der Vautherin-Schwellen.

Die Reihe beginnt mit einem trapezoïdalen flachliegenden Kaliber, worauf ein ebenfalls trapezoïdales stehendes Kaliber folgt, welches um ca. $10/_{00}$ staucht $\left(\text{genauer } \frac{21}{232,5}\right)$.

Beide Kaliber sind anscheinend Schweisskaliber, wenn auch anzunehmen ist, dass das Packet zur Vermeidung schrägen Druckes, abgeschrägte Oberkanten gehabt hat.

Mit dem 3. Kaliber beginnt die Ausbildung der Hohlseite, mit dem 4. und deutlicher dem 5. die Ausbildung der Flanschen und im vorletzten erst erscheinen die rechtwinkeligen Kanten der Oberseite.

Die wechselnde Abrundung der äusseren Flanschenkanten, einmal an der Ober-, einmal an der Unterseite, deutet darauf hin, dass diese Schwellenkaliber einmal die convexe Seite nach oben, einmal dieselbe nach unten in den Walzen liegen, um eventuell einer Krümmung entgegen zu arbeiten.

Die Druckverhältnisse ergeben sich aus folgender Zusammenstellung der Höhen, bezw. Dicken der einzelnen Profiltheile ab drittem Kaliber sowie der Breitung.

Kaliber	Mittelplatte Dicke	Schräge Seitenplatte Dicke	Füsse Dicke	Breitung im Ganzen
3	90	85	—	217
4	70	64	gerundet	217
5	50	45	45	220
6	35	38	35	221
7	23	20	25	222
8	16	13,5	20	226
9	8,5	11	15	226
10	8,5	7	10	227
11	7	5	8,5	230

Kalibrirung des Kreuzeisens.

§ 743. Bezüglich des Kreuzeisens und seiner Kalibrirung kann bemerkt werden, dass die letztere sich unzweifelhaft nach den Grundsätzen für das Winkel- und I-Eisen so bewirken lässt, indem man unter Wendung des Stabes immer zwei gegenüberliegende der vier Flügel des Profils abwechselnd staucht und streckt.

Man erhält in jedem Kaliber stehende und liegende, gestauchte und gedrückte Theile und wird in der Benutzung dieses Princips schliesslich nur durch die Rücksicht auf die Haltbarkeit der Walzen beschränkt werden, welche durch die tief eingedrehten stehenden Kaliberflügel erheblich gemindert wird. Dass diese Vermuthung richtig ist, beweisen die Dimensionen der bekannten Kreuzeisenprofile.

Burbach fabricirt z. B. fünf Sorten von 78 bis 130 mm Durchmesser im Mittel der Flügel gemessen und 11,4 bis 12,6 mittlerer Flügel- oder Rippenstärke. Die Einschnittstiefe der stehenden Kaliber wird hiernach zwischen $\frac{78-11,4}{2} = 33,3$ mm und $\frac{130-12,6}{2} = 58,7$ mm wechseln, dürfte also im Maximum nur 8—10 mm mehr betragen als die Einschnittstiefe des Fusses im Fertigkaliber einer Eisenbahnschiene. (Scharowsky, Musterbuch, I. Theil, S. 23, Tabelle 10.)

Bezüglich der thatsächlichen Ausführung von solchen Kreuzeisenkalibrirungen muss noch angeführt werden, dass die damit erzielten Profile vollkommen glatte Flügelenden erhalten, wie sie im Musterbuche der Burbacher Hütte auch wirklich vorhanden sind.

§ 744. Grössere Profile als die genannten sind zu verschiedenen Zeiten mittelst der Universalwalzwerke zu walzen versucht werden.

Das erste derartige Walzwerk ist bereits vor längerer Zeit der ehemaligen Firma Petin-Gaudet patentirt worden und bestand aus vier Walzen von scheibenförmiger Gestalt, deren Aussenbahnen im Umriss genau dem Profil des fertigen Kreuzeisens zwischen zwei Flügeln, also genau dem Umriss einer der Winkelbuchten des Stabes entsprach.

Es wurde sonst von Anfang an mit gleichem Winkel gearbeitet, entgegengesetzt dem allgemeinen, beim Winkeleisenwalzen beobachteten Verfahren. Diese gerundeten Winkel der Walzenbahnen fassten sofort das vierseitige Materialstück in der Mitte der Flächen, welches natürlich in irgend einer Art dem Walzwerk zuzuführen war, um ein Abgleiten zu vermeiden.

Die Anordnung des ganzen Walzwerkes war so getroffen, dass nur die Horizontalwalzen, d. h. die, welche von oben wie von unten drückten, direkt von der Maschine in Bewegung gesetzt wurden und den Stab mitnehmen mussten. Die Verticalwalzen, die ihn von der Seite begrenzten, wurden einfach durch den dazwischen sich zwängenden Stab mitgenommen und in Umdrehung versetzt. Die Einstellung geschah so, dass der Druck regelmässig von allen Seiten kam und sich so vertheilte. Man könnte aber auch annehmen, dass der Stab stärker von oben nach unten, als von rechts nach links gedrückt und dass in der Lage des Stabes gewechselt wurde. (Engineering, Februar 1868, S. 118; Dingler's Journal 188, S. 273; Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1868, S. 289 [der Verfasser].)

§ 745. In neuerer Zeit ist durch Hugo Sack die Aufmerksamkeit von neuem auf die Anwendung der Universalwalzwerke zu Profileisen, namentlich aber zu Kreuz- und Doppel-**T**-Eisen hingelenkt worden, indem ein von ihm construirtes Walzwerk in Vorschlag gebracht und beschrieben worden ist. (Stahl und Eisen 1886, S. 765, und 1887, S. 540.)

Sack schiebt den Nichterfolg der bisher vorgeschlagenen Universalkaliber wesentlich dem Mangel einer verstellbaren, das Profil allseitig begrenzenden Walzenform zu und glaubt, dass sein Walzwerk mit geschlossenen Kalibern arbeitend, eher Erfolg erzielen dürfte. Nach längerer Auseinandersetzung über die verschiedenen Säuleneisen und Darlegung der Vortheile der von ihm in seinem Walzwerk als herstellbar erklärten gleichschenkeligen und gesäumten, d. h. an den Enden der Flügel mit Wulsten versehenen Profile, geht der Erfinder zur Besprechung seines Verfahrens über.

Dasselbe unterscheidet sich von dem offenen Kreuzeisenwalzwerke Petin-Gaudet's dadurch, dass die Walzen sich nicht bloss nähern und ganz zuletzt erst das Profil einschliessen, während der ganzen Walzung also eigentlich immer ein offenes Kaliber bilden, sondern, dass sie durch eine eigenthümliche Profilirung der stehenden Walzen ineinander zu greifen vermögen.

Es soll versucht werden dies ohne Zeichnung klar zu machen.

Die beiden horizontalen Walzen tragen in der Mitte denselben leicht spitzbogigen, gerundet dreiseitigen oder doppelkonischen Wulst, der sich in die Seiten, später in den Winkel des Kreuzeisenblockes nach und nach eindrückt.

Rechts und links schliesst sich eine konische Fläche an, welche normal zu den Flügelflächen, also auch zur nebenliegenden Fläche des mittleren Doppelkonus gerichtet ist und in die Stege oder Flügel am Ende einschliessen soll.

Diese beiden konischen Flächen bilden wieder die Innenseiten zweier Wulsten auf dem Walzenkörper, die sich aber nicht ganz zur Radialhöhe des Mittelwulstes erheben.

Um nun den Anschluss zu erzielen, ist in die (beim Petin-Gaudet'schen Walzwerke) glatten Scheibenflächen der wie Spurräder aussehenden Verticalwalzen hinter der walzenden Fläche (ebenfalls doppelkonisch oder leicht spitzbogig, wie der Mittelwulst der Horizontalwalzen) eine runde, d. h. concentrische Furche beiderseits eingedreht, welche dicht hinter der Walzfläche mit einer dem berührenden Profilelement der anderen Walze genau entsprechenden konischen Seitenfläche gestaltet ist.

An diese Fläche legt sich, nachdem der Block bereits die Kreuzquerschnittsform nach den ersten Durchgängen bekommen, und die Walzen sich einander berührt haben, jenes Profilelement, d. h. die entsprechende konische Seitenfläche der Verticalwalze, und beide rollen mit stetig wachsender Berührungsfläche so aufeinander, wie eine volle, auf einer Hohlkegelfläche mit gekreuzten Axen.

Es ist allerdings eine stark reibende Abrollung vorhanden, da die Durchmesser der sich berührenden Punkte nur in der Mitte der Kegelflächen gleich sind, von da ab sich aber im umgekehrten Sinne ändern.

Die Bewegung der Walzen ist sehr genau zu regeln, um im Moment des Kaliberschlusses kein Einklemmen der in die Randflächen der Horizontalwalzen sich einlegenden Wulste der Verticalwalzen zwischen letztere zu verursachen.

Ob dies möglich ist, ob überhaupt die Sack'schen Walzwerke sich praktisch bewähren, muss die Zukunft lehren. Es sollten Kreuzprofile bis zu 400 mm Diagonalmaass auf dem entworfenen Walzwerk hergestellt werden.

Ob dies seitdem geschehen ist, ist in der Literatur nicht bekannt geworden. Die Kritik eines Vortrags in Trier 1887 im Sommer, der dasselbe behandelte, ist durch Zufälligkeiten unvollständig und lückenhaft geblieben und eine Diskussion erfolgte später nicht mehr.

Kalibrirung für unsymmetrische Stäbe.

§ 746. Ausser den vorgenannten Profileisensorten, denen sich noch verschiedene andere anreihen liessen, Keileisen, Roststabeisen, zweiseitiges Fenstereisen u. a., deren Kalibrirung erhebliche Schwierigkeiten nicht verursacht, ist noch der Radreifen (Bandagen, Tyres) zu gedenken, welche seit langen Jahren von den Eisenhüttenwerken hergestellt werden. Sie bilden auch, abgesehen von ihrem Profil, für die Walztechnik an sich einen ganz besonderen Fall, da sie einen kreisförmig gebogenen, geschlossenen Ring bilden und vielfach als endloses Stabeisen unterschieden worden sind.

Das daraus hervorgehende eigenthümliche Walzverfahren sowie die ebenso eigenthümliche Construktion der Walzwerke wird später zu besprechen sein. Hier handelt es sich um die Kalibrirung und es werden zwei verschiedene Principien zu unterscheiden sein.

Anwendung mehrerer Kaliber nacheinander, wie bei allen sonstigen Stäben.

Anwendung eines einzigen, sich fortwährend verändernden Kalibers.

Früher, als die Radreifen aus dem gewalzten Stab nach erfolgter Biegung durch Zusammenschweissen gebildet wurden, was bei Benutzung von Schweisseisen oder Schweissstahl keine erheblichen Schwierigkeiten in der Ausführung bot, wurden sie wie gewöhnliche Stäbe gewalzt (cf. Daelen, Hollenberg und Dickmann an den betreffenden Stellen, Taf. VII, 6 u. 7; XI, 1 u. 2; XXII, 1 u. 2; XXIX, 9 u. 10; XXXIII).

Eine von Kocher angegebene Kalibrirung für Vor- und Fertigwalzen ist auf Textblatt B, Skizzen 17 und 18 dargestellt, die mit den vorgenannten Angaben ziemlich übereinstimmt, nur weist bereits die Kaliberfolge auf der Fertigwalze eine grosse Aehnlichkeit in dem Umriss der Lauffläche bei den letzten Kalibern auf und bildet dadurch einen Uebergang zur Benutzung eines Kalibers.

Die Kalibrirung ist hier angeführt worden des Interesses für die allgemeinen Kalibrirungsgrundsätze wegen und da solche Kalibrirungen anfänglich noch benutzt wurden, als man bereits zu einer anderen Form der Materialblöcke übergegangen war.

Nach Einführung des Tiegelstahls in die Bandagenfabrikation, noch mehr nach Erfindung des Bessemerprocesses, ging man wegen der Schwierigkeiten der Schweissung zu ringförmigen Blöcken über.

Bereits im Zeitalter der gepuddelten Bandagen stellte man sich solche Ringe durch Aufwickeln eines Flachstabes des gewünschten Materials auf einen Dorn und Verschweissen derselben unter Hämmern dar und es stand dieses Verfahren noch in den 70er Jahren auf belgischen Werken (Ougrée u. A.) in Anwendung.

Krupp verfiel schon sehr früh 1853 auf den Gedanken, aus einem vorgeschmiedeten Gussstahlblock durch Aufsägen auf einen Theil der Länge und Aufspalten einen anfänglich linsenartigen Ring zu bilden, der auf Dornen ausgeweitet und zur Kreisform gerundet an die entsprechend gebauten Walzwerke zur Weiterverarbeitung gegeben werden konnte.

Bochum, welches sehr früh den Façonguss cultivirte, goss Ringe aus Gussstahl, schmiedete sie vor und übergab sie dann dem Walzwerk.

Ein drittes Verfahren schreibt Wedding der Eisenhütte zu Hörde zu, welches darin bestand, einen cylindrischen Block von nicht sehr grosser Höhe zu giessen, denselben noch rothwarm abzuplatten und in eine Scheibe zu verwandeln. Diese Scheibe wurde dann mit einem konischen Dorn gelocht und nach weiterem Erhitzen auf einem Horn am Amboss des Dampfhammers soviel ausgeweitet, um dem Walzwerk übergeben werden zu können.

Interessant ist noch, dass man auf einzelnen englischen Werken dem Bandageningot eine kreiselförmige, unten konisch abgestumpft zulaufende, oben cylindrische Form gibt und daraus durch gewichtige Hammerschläge einen scheibenförmigen Kuchen herstellt, der alsdann ebenfalls gelocht und ausgeweitet wird. (In Crewe 1878 vom Verfasser beobachtet.)

§ 747. Diese so ausgeweiteten Ringe gelangen nunmehr auf die Walzwerke, welche in ihrer zeitlichen Entwickelung verschiedene Stadien durchzumachen hatten, ehe die jetzt fast allgemein in Anwendung stehenden Constructionen sich dauernd brauchbar erwiesen.

Eine sehr grossartige und mächtige Walzwerksanlage wurde noch 1870 und später auf vielen Hüttenwerken benutzt, ist aber jetzt vollständig verschwunden. Es war nichts weiter als ein auf den Kopf gestelltes Fertigwalzenpaar, von dem die eine Walze fest, die andere beweglich war.

Die erstere war oben und unten in geschlossenen Lagern gelagert, welche an einem eisernen mächtigen Ständer sassen; es war nach den Begriffen des horizontalen Walzbetriebes die Unterwalze,

während die andere durch die Abwesenheit der Zwischenringe etwas leichtere, immerhin aber gehörig starke Oberwalze mittelst eines sehr langen Fusszapfens nur unten gelagert und dabei horizontal beweglich war.

Die Ringe wurden aus dem Wärmeofen heraus über die weggerückte Patrizenwalze gestreift, kamen auf einen die Walzen umgebenden Tisch, der in der Höhe verstellbar war, zu liegen und gelangten in das erste Kaliber, wobei hie und da mit einer kleinen Nachstellung geholfen worden sein mag. Nach Erreichung eines gleichartigen Querschnittes ging unter Auseinanderschieben und Wiederanschliessen der Walzen, sowie unter Heben, bezw. Senken des Tisches der Ring in das nächste Kaliber und sofort, bis er gleichzeitig den verlangten Querschnitt und den geforderten inneren Durchmesser hatte. Eine Marke auf der Tischplatte oder irgend eine andere Einrichtung zeigte den Zeitpunkt der Vollendung an.

Es ist einleuchtend, dass bei sehr genauer Arbeit nach vorgängiger scharfer Materialberechnung mit diesem Walzwerk genau gearbeitet werden konnte und dass man vielfach erst dann anderen Construktionsvorschlägen Gehör gab, als für ihre Brauchbarkeit eklatante Beweise vorlagen.

Eine ähnliche Einrichtung mit nur zwei Kalibern von Tannet, Walker & Co., Leeds für die Gesellschaft Phönix erbaut und von Ledebur (Bearbeitung der Metalle, S. 522 und 523) abgebildet, hebt die Patrizenwalze heraus, nachdem die in einem kräftigen Schlitten hydraulisch bewegliche Matrizenwalze abgerückt ist, um den Ring von einem Kaliber in das andere Kaliber zu führen.

Diese Horizontalbewegung kann eventuell auch zum Stellen dienen, obschon in der Beschreibung nichts erwähnt ist. An den Seiten solcher Walzwerke sind noch verstellbare Führungsrollen an verticalen Axen angeordnet.

§ 748. Von dieser Construktion ging man nun bald zu anderen einfacheren mit nur einem nach und nach sich schliessenden Kaliber über.

Man brachte die Kaliberfurchen ausserhalb der Lagerung zweier kräftiger Wellen an, von der die eine obere horizontal liegen blieb, während die untere, am anderen Ende im Kugellager drehbar, am Vorderende etwas divergirte und durch eine unter dem Lager befindliche hydraulische Vorrichtung nach und nach bis zu der im Axenparallelismus eintretenden gewünschten Form des Kalibers zusammengeschoben wurde.

Auf diese Weise walzte man sowohl vor als fertig, zog es aber vielfach vor, nur etwa quadratisch vorzuwalzen und dann auf einem Walzwerk anderer Construktion mit verticalen Axen zu vollenden.

Mit diesen Systemen, deren Details später besprochen werden sollen, war man nun zu dem Walzen in einem veränderlichen Kaliber thatsächlich übergegangen und hat dieses System nicht wieder verlassen.

Die Kalibrirung ist nur eine Frage genauester Substanzberechnung und ebenso genauen Einhaltens der Endtemperatur, bei der der Stab die Walzen verlässt.

Dann unterscheidet sich die Walzarbeit von der Herstellung endlicher Stäbe dadurch, dass, während sich die letzteren frei strecken können, das Strecken eines Substanzelementes solchen gedrückten Ringes ein Stauchen der in der Bewegung folgenden nächsten Elemente bedeutet.

Wedding hat sich in seinem schmiedbaren Eisen, S. 833 viel Mühe gegeben die Vorgänge aufzuklären. Dadurch, dass man aber jetzt ausser den die Spur und die Innenflächen herausarbeitenden Hauptwalzen, noch die anderen Flächen des Ringes durch glatte Rollen drückt, wird die Sache einfacher und man erhält ein weit geschlosseneres Kaliber, in welchem der Breitung in der besten Weise begegnet werden kann.

Noch ist zu erwähnen, dass es einige Zeit lang ein von Vital Daelen construirtes Reifenwalzwerk gegeben hat (Hörde 1874), an welchem in weit stärkerem Maasse als bei den vorerwähnten Kopfwalzen eine allmälig abnehmende, nie aber in einen vollen Parallelismus gelangende Convergenz der Kaliberräderaxen angewandt wurde, um durch allmälige Hebung des schrägliegenden, die Spur tragenden Kaliberrades die Endform zu erreichen, während die Innenfläche von einem Kaliberrade mit verticaler Axe gewalzt wurde. Diesem Walzwerk wurde eine sehr grosse Genauigkeit und entsprechende Materialersparniss nachgerühmt; eine Beschreibung und Abbildung derselben ist dem Verfasser niemals bekannt geworden. Einige Andeutungen über seinen Bau und seinen Betrieb findet man bei Wedding an oben citirter Stelle.

Sonstige Kalibrirungen.

§ 749. Ausser den Stäben von gleichem Querschnitt auf ihre ganzen Längen verfertigt man auch solche, welche der Länge nach einen einmal oder periodisch wechselnden Querschnitt haben.

Derartige Walzwerke sind in der Technologie der Metallfabrikate längst bekannt und werden beispielsweise zur Herstellung von Feilstäben, Gewehrlaufstäben von halb eckiger, halb konischer Form u. a. m. gebraucht; doch auch im Bereich des Eisenhüttenbetriebes treten solche Arbeiten auf, sobald es eben schwerere Artikel sind, die einen veränderlichen Querschnitt haben müssen.

Bei der Räderfabrikation beispielsweise spielten und spielen noch die zu dreieckigen Stücken zusammenzulegenden Gerüststücke, von denen sechs zu einem Radstern theils durch Schweissung, theils in anderer Weise vereinigt werden, eine grosse Rolle.

Derartige Stäbe von flachem Querschnitt haben an zwei Stellen kleine Einbiegungen und Verstärkungen und ausserdem eine bestimmte Länge, die, wenn möglich, genau mit einer Kaliberperipherie zusammenfällt. Beim Knicken und Zusammenlegen zu Segmenten ist der nöthige Substanzzuwachs an diesen Stellen und gleichzeitig auch die bequemere Biegungsfähigkeit vorhanden.

Das Vollenden solcher Stäbe geschieht in einem Fertigkaliber, weil es sehr schwierig ist, im Betrieb einen bereits in der Längenrichtung verschieden starken Stab wieder so zwischen die Walzen zu bringen, dass diese in der Stärke geänderten Stellen auch wirklich genau in die entsprechenden Stellen der Kaliber gelangen.

Bei kleinen Stücken, wie sie z. B. beim Walzen von Geräthen, Löffeln, Gabeln, Schaufeln etc. vorkommen und bei deren Herstellung man gewöhnlich mit Kopfwalzwerken arbeitet oder mit aus- und einrückbaren sowie Schleppwalzen, stösst das mehrmalige Passiren auf weniger Widerstand.

Für den Eisen- und Stahlbetrieb im Grossen muss man aber, um sicher zu gehen, diese der Länge nach stattfindende Formänderung, die sich ohnehin in engeren Grenzen hält, mittelst eines Durchganges bewirken.

In dieser Hinsicht boten die neuerdings von der Bahnverwaltung vorgeschriebenen Dickenveränderungen der Querschwellenoberplatten grössere Schwierigkeiten, die indess überwunden sind.

Schlussbemerkung.

§ 750. Wenn die Walzenkalibrirung viel Raum in Anspruch genommen hat und doch nicht etwas durchaus Vollständiges bieten konnte, so mag ersteres mit dem Hinweis entschuldigt werden, dass die Walzwerke den grössten Theil der ganzen Eisenwaarenproduktion zu verarbeiten haben, und dass sie die wichtigsten Apparate der ganzen Verarbeitung des schmiedbaren Eisens bilden.

Man wird zweitens niemals das Kalibriren aus Büchern allein erlernen, sondern in der Praxis; ebensowenig wird man, will man in das ganze Wesen der Walzarbeit einen Einblick sich verschaffen, die vergleichende Analyse brauchbarer Construktionen entbehren können, wie sie im Vorhergehenden in möglichst strenger Auswahl geboten worden sind.

Wichtiges Material zur Beurtheilung der Erscheinungen beim Walzen gewähren noch die Abhandlungen von E. Blass in der Zeitschrift Stahl und Eisen 1882, S. 189, 233 u. 283, und Hollenberg, ebendaselbst 1883, S. 121, während eine Arbeit von C. Fink über die Theorie der Walzenarbeit (Preussische Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen XXII, S. 200) mehr die mechanische Lösung der Aufgabe in Betracht zieht.

Dem Verfasser kam es darauf an, durch Sichtung und Nebeneinanderstellung des theilweise reichen, theilweise lückenhaften Materials ein möglichst vollständiges Bild dieses interessanten technischen Processes zu liefern. Leider konnten Beispiele der Kalibrirung für Stahl und Flusseisen nicht in dem Maasse mitgetheilt werden wie für weiches Material, aus dem einfachen Grund, weil sehr wenig davon bekannt geworden und auf anderem Wege nichts zu erlangen ist.

Bei vorsichtiger Erwägung des Verhaltens, Wahl der rechten Abnahmecoefficienten, die wohl für jedes neue Material durch einen Versuch zu bestimmen sein werden, lassen sich mit Hilfe des Gegebenen indess auch die Aufgaben der Flusseisenkalibrirungen so weit lösen, als derartige Dinge überhaupt ohne praktischen Versuch zu lösen sind.

Andere Walzmethoden.

§ 751. Ausser den bis jetzt besprochenen, bezw. bei der Besprechung berücksichtigten Walzmethoden, bei denen die Bewegungsrichtung des Walzstückes stets normal zu den Walzenaxen lief (was auch für den Fall der Universalwalzwerke Gültigkeit behielt), werden noch andere Walzmethoden angewendet, bei denen dies nicht der Fall ist, bei denen auch die Walzenaxen nicht immer parallel sind.

Dahin gehört zunächst die Robertson'sche Luppenquetsche, welche die Luppe zwischen zwei konischen, nebeneinander gelagerten, gefurchten Walzen streckt, deren Axen sich schneiden.

Sie drehen sich nach gleicher Richtung, nicht wie die Elemente der Walzwerke entgegengesetzt, und fassen den Luppenstab, den sie zwischen sich herumwälzen, rollen und wegen der schiefen Stellung der Walzenaxen allmälig verschieben.

Die Luppe wird sehr stark gestreckt, von der Schlacke befreit und verlässt, vollkommen verdichtet, an der anderen Maschinenseite das Walzwerk als cylindrischer Stab, der dann auf einem gewöhnlichen Walzwerk weiter gestreckt werden kann.

Das Festhalten der Luppe wird wesentlich dadurch bewirkt, dass dieselbe auf den Walzen liegt und durch ein unter der Walzenstellung befindliches konisches Drehstück am Herunterfallen gehindert wird.

Die Riffelung der Walzen ist nicht bis zu Ende ausgeführt und der Luppenstab erfährt dadurch eine starke Glättung (Dingler's Journal 207, S. 128; Kerpely's Jahresbericht 1871/73, S. 499).

Weitere Abweichungen von dem gewöhnlichen Walzverfahren zeigen die Lismann'schen Walzwerke, welche erfunden worden sind, um verschiedene bis dahin mit der Hand ausgeführte Metallarbeiten dem Walzwerksbetrieb zu überweisen.

Vorzugsweise sollten dahin gehören:

a) das Dünnerschmieden am Umfang von viereckigen oder runden Platten, das Aufbiegen, Flanschen und Auftiefen derartiger Platten und auch von Ringen;
b) das Absetzen und Formen von Rotationskörpern, sowohl im Gesenk als auf der Drehbank.

Lismann hat in Ausführung seiner Gedanken zunächst ein Rotationskörperwalzwerk angegeben, das bestimmt war, Wellen, Rohre, Kanonen, Hülsen etc. sowohl im kalten als im warmen Zustand zu walzen und zu kopiren. Durch Einlegen von Bundwalzen etc. sollen auch Blechringe hierauf dargestellt werden können.

Demnächst hat er ein Kopfwalzwerk construirt, um kreisrunde Platten am Rande dünner zu walzen, Radscheiben, Zahnkränze etc. herzustellen; auch ganze Metallräder mit Kranz sollten in ähnlicher Weise erzeugt werden.

Obwohl diese Walzwerke, die mit schräg geriffelten Walzflächen construirt waren, durch eine Commission von Maschinentechnikern und Hüttenleuten als ein für die Metallwaarenfabrikation wichtiger Fortschritt bezeichnet worden sind, ist eine Anwendung, in der Metallurgie des Eisens namentlich, nicht bekannt geworden (Praktischer Maschinenconstrukteur 1872, Heft 23 u. 24; Kerpely 1871/73, S. 548).

Weit bedeutsamer ist das Aufgreifen des Robertson'schen Princips schrägliegender und sich gleichdrehender Walzen zur rapiden Herstellung verschiedener Formen.

Das Schrägwalzverfahren.

§ 752. In der neuesten Zeit hat das Verfahren des Walzens mit schräg gegen das festgehaltene Arbeitsstück und in gleicher Richtung sich drehenden Scheiben oder Walzen grösstes Aufsehen erregt und erregt es noch, weil seine Ausführung trotz aller Patente vollständig geheim gehalten wird.

Es ist dies das Mannesmann'sche Verfahren, auf die in dem, dem Dr. Kögel in Stassfurt am 27. Januar 1885 ertheilten Deutschen Reichspatent No. 34,617 aufgestellten Gedanken gegründet.

Aus den von den Patentinhabern herausgegebenen Schriften, z. B. der zum Oesterreichischen Privilegium vom 18. Februar 1886 gehörigen Schrift von Mannesmann, sind unter Uebergehung der etwas weit gegriffenen Ansprüche auf Universalität der Anwendbarkeit nur die folgenden, den Unterschied von der gewöhnlichen Walzarbeit charakterisirenden Stellen entnommen.

Die Walzstücke werden nicht, wie bei den bisherigen Walzverfahren, vertical zu den einander parallelen und entgegengesetzt rotirenden Walzen durchgeführt, sondern sie werden in parallel oder schief zu der Axenrichtung der rollenden Theile laufender Richtung bewegt, wobei sich die Oberflächen der letzteren, sobald es Walzen sind, in gleicher Richtung drehen und bestrebt sind, das Walzstück wie die Mittelwalze eines Trio herumzudrehen.

Sind die rollenden Theile Scheiben mit nicht parallelen Flächen und nicht in einer Ebene liegenden Axen, so drehen sie das dazwischen geführte Walzstück nur dann und führen es zwischen sich hinaus, wenn sie sich in entgegengesetzter Richtung drehen.

Gibt man den Walzen konische oder gekrümmte Flächen und verstellt die Axen gegeneinander, so wirkt auf den an der weitesten Stelle dieses offenen Kalibers schräg eingeführten Stab eine bei seinem Voranschreiten fortwährend wachsende Peripheriegeschwindigkeit, und hält man den Stab in der ursprünglichen Richtung durch irgend welche Vorkehrungen fest, so muss die Wirkung der Walzenflächen der Art sein, dass sie die äusseren Schichten des Metalls in spiralförmig gewundenen Fasern um das Stück herum strecken, welchen die Innenfasern nach Möglichkeit folgen müssen.

Das Gegenstück ist die Wirkung cylindrischer Walzen bei vollkommenem Axenparallelismus und ebenfalls paralleler Lage des Walzstückes; dasselbe wird ruhig zwischen den Walzen in der ursprünglichen Lage bleiben, nur werden bei eintretendem Druck sich die Aussenschichten normal zu den Walzenaxen und der Axe des Stückes um den Kern herumwickeln, ebenfalls unter Nachziehen der nächsten Schichten.

§ 753. Dieses Nachziehen der nächsten Schichten tritt natürlich am stärksten bei der Behandlung unter schräg liegenden konischen oder spindelförmigen Walzen auf, weil dabei eine Streckung in die Länge stattfindet und diese Streckung mit dem Voranschreiten des Stabes, der wachsenden Walzendurchmesser halber, immer zunimmt.

Nach den allgemeinen Lehren der Walzkunst muss in einer gegebenen Zeit ein so starkes Nachziehen der inneren Fasern durch die äusseren eintreten, dass die Adhäsion im Kern des Stückes

aufhört und zuerst eine Menge von Längenrissen entstehen, die sich zu einer Höhlung erweitern, so dass unter bestimmt gewählten Formen und Stellungen sowie Geschwindigkeiten der Walzen ein an einem Ende derselben eingesteckter massiver runder Eisenstab am anderen Ende als Rohr zum Vorschein kommen kann.

Es erinnert diese Auflösung des inneren Gefüges ganz besonders an die früher charakterisirten Vorgänge beim Schmieden, wo oberflächliche Verdichtung eine peripherische Dehnung und damit eine Schwächung der Haltbarkeit in radialer Richtung hervorbrachte.

Für die Herstellung von Rohren ist naturgemäss am Austrittende ein Dorn vorgesehen worden, welcher, noch etwas zwischen die Walzenflächen ragend, die innere Glättung zu besorgen hat.

Die innere Weite des entstandenen Rohres ist in erster Linie von dem Verhältniss der Umdrehungsgeschwindigkeit zur Fortbewegung des Werkstückes abhängig, d. h. von der Steigung der Faserspiralen, und wird auch ein Maximum erreichen, wenn die Wegrichtung des Stückes zu den beiden Axen der Walzen vollkommen symmetrisch ist.*)

Die Rohrweiten lassen sich durch alle Umstände, welche der Bildung der Mannesmann'schen Rohre entgegenstehen, auf geringere Maasse bringen.

Bringt man in ein Schrägwalzwerk Stücke, welche an den Enden so verringerte Querschnitte haben, dass eine nur unerhebliche Einwirkung der Walzen stattfinden kann, welche im Uebrigen aber die Dimension des Walzeneingangs besitzen, so erscheinen die Produkte äusserlich massiv, während sie innen hohl sind, und diese an beiden Enden geschlossene Höhlung wird um so glatter, je stärker die Metallfasern gedreht oder gewunden werden.

Die übrigen Ansprüche der Erfinder sind zu übergehen, weil nur die Rohranfertigung auf diesem Wege das Interesse in bedeutendem Maasse erregt hat und noch erregt, obschon es nicht an praktischer Kritik der neuen Methoden gefehlt hat.

§ 754. Eine wissenschaftliche Begründung fand das Schrägwalzverfahren für Röhren wohl zuerst durch rein theoretische Betrachtungen von A. Ritter, die später von A. Riedler in der Generalversammlung des Aachener Bezirksvereins deutscher Ingenieure am 10. December 1888 unter Vorlage von Zeichnungen mitgetheilt worden sind.

Ritter setzt ein weiches Material voraus und entwickelt dann den Hergang einer Art von Schälung, wobei die Mantelschicht von den Walzen gepackt und längs der Axenrichtung fortgezogen wird, während der Kern einstweilen zurückbleibt und erst später in dem Maasse langsam nachfolgen kann, wie die Dicke der Masse in Folge der fortgesetzten Abschiebung der Mantelschicht allmälig sich vermindert.

Bei dieser Unterstellung, die jede Compression ausschliesst und auch alle versteifenden Einflüsse der Abkühlung etc. unberücksichtigt lassen muss, bleibt schliesslich ein durch ein Bodenstück geschlossenes Rohr zurück (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1888, S. 206).

§ 755. Noch ehe Vorstehendes an die Oeffentlichkeit trat, hatte M. Balcke in einem anderen Bezirksverein (Niederrheinischem) das Verfahren ausführlich besprochen und mehr vom Standpunkt des Praktikers aus kritisirt.

Nach Darlegung der Walzen- bezw. Scheibenanordnung stellt Balcke fest, dass die excentrische Stellung der Scheiben wie der Nichtparallelismus der Walzen die schraubenförmige Fortbewegung eines dazwischen gesteckten Rundstabes bedingen, und dass daraus Folgendes entstehe.

Weil nun jeder folgende Punkt der Arbeitslinie (Bewegsaxe des Stückes) eine seinem Radius entsprechende grössere Umfangsgeschwindigkeit hat, so folgt daraus eine Beschleunigung der schraubenförmigen Fortbewegung der **Rundstabfläche**, falls der Stab **dehnbar** ist, hingegen ein Gleiten zwischen Scheiben (bezw. Walzen) und Stab, wenn er **nicht dehnbar** ist.

Das letzte kommt beim Runden, Dichten und Glätten von Rundstäben in Anwendung, wenn, wie in der Werkzeugstahlfabrikation, runde Stäbe genauer gerundet sowie gleichzeitig gerichtet und geglättet werden sollen. Auch Röhren werden auf solchen Maschinen gestreckt, können aber auch zertrümmert werden. Das erstere bedingt die Möglichkeit des Mannesmann'schen Verfahrens.

Bei der nun folgenden Entwickelung nimmt Balcke der Einfachheit wegen an, dass ein Gleiten zwischen Werkzeug und Stück nicht stattfinde, und beweist die Dehnung der Staboberfläche in der Richtung der sich bildenden Schraubenlinie.

Diese Dehnung veranlasst, wie jede andere Dehnung, z. B. eines Stabes bei der Zerreissprobe, eine seitliche Verschiebung der Fasern, und die Verlängerung des Stabes geschieht auf Kosten des nebenliegenden Materials, hier des weichen Kernes, bis die mittleren Fasern auseinandergerissen werden und nach aussen wandern.

*) In der österreichischen Patentschrift (Dingler's Journal, 265. Band, S. 541) ist diese ganze Beziehung etwas unverständlich.

Die weiteren Erörterungen beziehen sich auf die Druckverhältnisse, welche, da jeder innere Gegendruck fehlt, ganz andere sind als beim gewöhnlichen Walzen. Nur die zum Mitreissen der Stabfläche erforderliche radiale Pressung genügt mithin zum Ausziehen des Rohres.

Aus allem dem folgert Balcke noch weiter die geringere Dichtigkeit einer solchen Rohrwand und zählt dann noch weitere praktische Momente auf, welche seiner Ansicht nach das Verfahren belasten.

Zum Schluss berechnet er unter Annahme gleicher Arbeitsaufwände für die Molecularverschiebungen im gewöhnlichen und im Mannesmann'schen Walzwerk (10 Kilo pro 1 cmm), welche Annahme wohl nicht ganz zweifellos ist, da das Strecken der getrennten Faser jedenfalls leichter von Statten gehen wird als der ungetrennten in einem gewöhnlichen Walzstück, dass das neue Verfahren

pro Secunde einen Kraftaufwand von 570 Pferden

erfordere, während das alte dagegen

nur einen solchen von 45 Pferden

zur gleichen Arbeitsleistung gebrauche.

Dieses Resultat berechtigte Balcke zu dem Schluss, dass eine Neuerung der Art nur dann durchgreifend sein kann, wenn die Waare damit besser oder billiger, oder sogar besser und billiger hergestellt werde. (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1888, S. 82.)

§ 756. Ein weiterer ebenfalls interessanter Vortrag von Balcke in demselben Bezirksverein bespricht noch die übrigen unter dem Mannesmann'schen Walzwerke angeblich ausführbaren Umgestaltungsprocesse, unter Anwendung zusätzlicher Einrichtungen, wie sie schon in dem Kögel'schen Patent, sehr unverständlich allerdings, angedeutet worden sind.

Von dem Inhalt der Mittheilung dürfte hauptsächlich eine Rechnung interessiren, welche sich auf das Wachsen der Winkelgeschwindigkeit des Walzenstückes zwischen den Scheiben bezieht.

Es wird hierzu das Auswalzen eines Rundstabes von 50 mm Durchmesser zu Draht von 3,2 mm Stärke zum Beispiel genommen. Die Scheiben haben 320 mm Durchmesser, also ca. 1000 mm Umfang und drehen sich einmal pro Secunde.

Die Arbeitslinie, d. h. der Radius der Scheiben sei in 16 gleiche Theile getheilt und die wagerechte Entfernung der Scheiben sei im Punkt 1 = 50 mm, im Punkt 16 = 3,2 mm.

Dann stellen sich folgende Verhältnisse heraus:	Punkt 1	Punkt 16
Werkstückdurchmesser	50 mm	3,2 mm
Umfang desselben	157 „	10 „
Umfangsgeschwindigkeit der Scheiben $2\,r\,\pi$	62,8 „	1000 „
Umdrehungszahlen des Werkstückes	$\frac{62,8}{157} = 0,4$	$\frac{1000}{10} = 100.$

Auf eine Umdrehung des Werkstückes im Punkt 1 kommen also $\frac{100}{0,4}$ oder 250 Umdrehungen im Punkt 16.

Der einfachen Rechnung wegen hat Balcke das theilweise Gleiten ganz ausgeschlossen; es kam mit darauf an nachzuweisen, dass die wachsende Umdrehungszahl des voranschreitenden Werkstückes vorhanden sei, durch welche die spiralförmige Verdrehung bedingt wird. Dass nunmehr diese spiralförmige Verdrehung, von den Erfindern wiederholt als „seilartige Windung“ bezeichnet, nach dem Wortlaut der verschiedenen Schriftstücke alle Festigkeitsdeficienten des bearbeiteten Metalls erhöhe, glaubt Balcke bezweifeln zu müssen, indem er sagt:

„Obgleich nun Flusseisen ein sehr gefälliges Metall ist, so dürfte doch der Beweis abzuwarten „sein, dass durch diese energische Verdrehung der Fasern dem Material eine grössere Festigkeit „gegeben wird.“

Die Behauptung der Patentschriften, dass durch den **Zug** der äusseren Faser in der Richtung der Schraubenlinie ein Zusammenpressen des Kerns stattfinde, sieht Balcke (und wie hier zugesetzt werden muss, mit vollem Recht) als in sich selbst hinfällig an, weil nicht allein beim Walzen von Hohlkörpern, sondern auch beim Walzen massiver Stäbe die innern Fasern nach aussen wandern müssen und unfehlbar einen Hohlkörper geben würden, wenn dies nicht durch sehr starke Neigung der Arbeitsflächen, also durch sehr schleunige Verjüngung des Querschnittes vermieden würde.

Balcke constatirt noch, dass dem neuen Streckverfahren eben die in den Walzwerken seither mit peinlicher Sorgfalt ausgeführte Pressung der Fasern quer zur Fläche des Stabes fehle, welche die Verdichtung des Materials durch Druck und Gegendruck bewirke.

Das Weiten bezieht sich wesentlich auf die weiteren von den Patentschriften beschriebenen Anwendungen des Verfahrens. (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1888, S. 169.)

§ 757. Eine umfassende Arbeit über die Theorie des Mannesmann'schen Verfahrens hat J. Torka-Berlin geliefert, welcher, was wenigen Sterblichen bis jetzt zu Theil geworden ist, Gelegenheit hatte, das Walzwerk in Thätigkeit zu sehen. Da, wie er selbst bemerkt, seine Arbeiten und Schlussfolgerungen unabhängig von den Erfindern entstanden sind, wird man ihnen den Werth selbstständiger Beurtheilung wohl zugestehen können.

Nach einer kurzen Darlegung des Verfahrens untersucht der Verfasser die Natur der Linie, in welcher die sämmtlichen Punkte des Arbeitsstückes, welche die Walzarbeitsflächen gerade lassen, liegen und findet, dass dieselbe bei cylindrischen Walzen eine Gerade, bei nicht cylindrischen Walzen eine Raumcurve ist. Diese Curven, welche die Arbeitscurven des Walzwerks benannt werden, sind, wie Torka nachweist, von grösstem Einfluss auf den Wirkungsgrad des Walzwerkes. Für die Röhrenbildung kommt dann noch der Einfluss der Geschwindigkeit des Arbeitsstückes entlang der Arbeits- oder Druckcurve besonders zur Geltung und es wird dieses Verhältniss von Torka auch analytisch genau untersucht.

Es ist hier nicht der Ort, die hochinteressante Bestimmung dieser Geschwindigkeit, wie sie in der Quelle entwickelt ist, zu verfolgen, es mag hier nur noch das Resultat mitgetheilt werden.

In jedem Punkt der Drehcurve wird von den Walzen den materiellen Punkten an der Oberfläche des Arbeitsstükes je eine gewisse maximale Bewegung in der Richtung der Curvenelemente ertheilt.

Eine völlig gleiche Bewegung erleiden auch alle jene im Innern des Arbeitsstückes liegenden materiellen Punkte, für welche die Kraftcomponenten (nach den Coordinatenaxen) dieselbe Grösse und Richtung besitzen.

Den entlang der Druckcurve verschobenen Oberflächenpunkten des Arbeitsstückes werden also immer gewisse innere Punkte des zu verwalzenden Stückes folgen und geschieht dies, da sich im Walzwerk mit zwei Walzen zwei einander diametral entgegengesetzte Druckcurven ausbilden, in zwei Gruppen, von welchen die Punkte der Einen der einen Druckcurve, die der Andern der zweiten folgen.

Dieser Bewegung, von der Rotationsaxe sich zu entfernen, folgen auch stets gewisse zur letzteren diametral gegenüberliegende innere Massenpunkte des Arbeitsstückes. Reichen dieselben bis zur Axe, so muss hier ein Aufreissen erfolgen, d. h. es werden die Massenpunkte um die geometrische Axe herum radial auseinander gehen. Diese Wirkungsweise erfolgt von jedem Oberflächenpunkt der Arbeitsstelle her und zwar in allen Peripheriepunkten eines jeden Querschnittes vollkommen gleichmässig, so dass an irgend einer Stelle das Arbeitsstück rohrförmig werden muss.

Die weiteren Ausführungen ergeben noch u. A., dass bei nur kleinem Druck zwischen Arbeitsstück und Walzen das Stück voll bleibt und betreffen noch die Bestimmung der Stelle, von wo an das Stück rohrförmig wird und bleibt. (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1888, S. 842.)

§ 758. Noch ist auf einen Vortrag von Fr. Siemens hinzuweisen, den derselbe am 30. April 1888 vor dem Sächsischen Architekten- und Ingenieur-Verein gehalten hat, und in welchem er die Wichtigkeit des Mannesmann'schen Verfahrens besonders für die Stahlindustrie betont, sich dann zu dem Verfahren selbst wendet und demselben einen umgestaltenden Einfluss auf die Walztechnik zuschreibt.

Hollenberg, der über diesen Vortrag in Dingler's Journal 1888, S. 454, berichtet, wendet sich gegen einzelne Ausführungen Siemens' als zu weit gehend. Im Anschluss daran kritisirt er (wie der Verfasser dieses) die Kraftberechnung Balcke's und ist der Meinung (a. a. O., S. 507), dass die Annahme desselben (10 Kilo Druck zum Wegstrecken von 1 cmm Eisen) im vorliegenden Fall nicht zulässig sei.

Diese Erfahrungszahl mag für das bisher übliche Walzverfahren gelten, wo Hollenberg selbst durch Versuche eine verwickelte Verschiebung des Materials constatirt hat, kann aber im Falle des Mannesmann'schen Verfahrens unmöglich Platz greifen, da die die Beweglichkeit der Theile des auszuwalzenden Stabes erschwerenden Umstände, Walzenreibung und Einfluss des Druckes derselben, bei dem Schrägwalzen für den sich streckenden Theil nicht in gleichem Maasse vorhanden sein können wie im gewöhnlichen Walzverfahren.

Da Balcke selbst die Streckung als Ausziehen ansieht, würden nach Hollenberg wohl andere, dem Verfahren gewiss günstigere Annahmen — einfaches Ausziehen des warmen Materials in Spiralform — gemacht werden müssen.

Bei den zahlreichen, das Endergebniss beeinflussenden Faktoren werden sich derartige Feststellungen erst nach sorgfältig angestellten praktischen Beobachtungen und vielleicht Versuchen machen lassen. Bezüglich der Verwendung von Nasen und ähnlichen Formgebungsmitteln spricht sich der Referent des Dingler'schen Journals weiter reservirt aus; er hält den Nutzen derselben aus dem Grunde für sehr beschränkt, weil es schwer sein dürfte, die Drehung des diese Werkzeuge haltenden Theils mit der Drehung des aus den Walzen tretenden Stabes in Einklang zu bringen.

§ 759. Im Centralblatt der Bauverwaltung 1888, S. 117, bespricht J. Hoffmann das Mannesmann'sche Verfahren unter Bezugnahme auf Ritter's und Balcke's Mittheilungen nochmals und gibt eine graphische Darstellung der Verarbeitung eines cylindrischen Elements des Walzstückes, aus welcher die Röhrenbildung ohne die Nothwendigkeit der Zurücklassung eines Bodens sich entwickelt.

Das vorher gerade Blockende, d. h. die Endfläche des cylindrischen Walzstückes, wird durch eine beschleunigende Wirkung der vorderen Walzentheilchen auf den Kern des Blockes nach und nach conkav, dann hohl und bricht schliesslich mit der Spitze des konischen Hohlraumes nach der vorderen Oeffnung durch, eine vollkommene Röhre als Produkt hinterlassend.

Des Weiteren schildert Hoffmann den Einfluss stark konischer Walzengebilde, bei deren Verwendung ein Dorn nicht entbehrt werden kann, wenn man eine gute Rohrbildung gewärtigen will.

Ebenso bespricht er die beiden durch Patente gedeckten Fälle der Beweglichkeit oder der Unbeweglichkeit der Dorne, die Form des Kopfes derselben, die Frage, ob glatt oder geriffelt, und schliesst mit dem Fall der Herstellung weiter Röhren zwischen doppeltkonischen Walzen und ausweitendem Dorn.

Diesen mannigfachen Studien gegenüber, welche das hohe Interesse der fachmännischen Kreise bethätigen, erscheint folgende Aeusserung auffällig, jedenfalls aber vollkommen unzureichend.

„Am aufsehenerregendsten ist das Mannesmann'sche Verfahren zum Erzeugen der Röhren „aus einem vollen Block[2])". (In der Anmerkung stehen nur die Citate Fischer-Karmarsch, Mechanische Technologie, VI. Aufl., Bd. II, S. 257; Jahr der Herausgabe der betreffenden Lieferung 1889.)

G. Das Fertigmachen der Walzfabrikate.

§ 760. Die aus den Walzwerken hervorgehenden Produkte sind nicht fertig, sobald es sich um endliche, nicht endlose Sorten handelt.

Die Stäbe und Platten, welche aus den Walzwerken hervorgehen, zeigen äussere, mit der Fabrikationsmethode zusammenhängende Unregelmässigkeiten, welche vor der Fertigstellung und Abgabe entfernt werden müssen.

Die Stäbe erhalten unregelmässige, aus der ungleichen Streckung der einzelnen Stabschichten hervorgehende Enden, welche abgetrennt werden müssen.

Die Bleche, d. h. die in offenen Kalibern gewalzten Waaren, haben aus demselben Grund auf allen vier Seiten unregelmässige Umrisse.

Diese Unregelmässigkeiten werden durch Abschneiden getrennt, welches je nach der Natur des Produktes verschieden geschieht. Glatte und regelmässige Stäbe von nicht zu grossem Querschnitt kann man mit geradschneidigen Scheeren in ihren Enden stutzen, bis die gewünschte Reinheit des Endes und in manchen Fällen auch die gewünschte Länge erreicht ist.

Mit ähnlichen geradschneidigen Scheeren, welche dann unter Umständen sehr grosse Dimensionen erreichen können, beschneidet man die Blechtafeln.

Dieses Beschneiden geschieht vorwiegend in kaltem Zustand, um reinere Schnitte zu bekommen und ein Verbiegen zu vermeiden, abgesehen von der Schwierigkeit, warme Stäbe der Scheere zu übergeben. Nur ausnahmsweise und bei leichteren Sorten schneidet man wohl auch warm ab.

Die profilirten Stäbe lassen sich ohne Verbiegen der dünneren Theile schlecht mit geradlinigen Scheeren beschneiden, namentlich die grösseren Profile; die kleineren kann man zur Noth kalt beschneiden, wo die Quetschungen und Profilsänderungen nicht so stark auftreten.

Zum Warmschneiden benutzt man heute allgemein die Kreissägen, welche häufig paarweise aufgestellt werden und dadurch für alle Fabrikate einer Betriebsfolge gleiche Längen zu erreichen gestatten.

Da der Kreissägenschnitt keine glatte Schnittfläche liefert, sondern eine mit nach der Sägenperipherie laufenden Strichen und Rillen bedeckte Fläche, so ist eventuell noch eine Nacharbeit erforderlich, welche bei ebenen Flächen durch Fräsen und Bestossen geschieht, bei nicht absolut vorgeschriebener Glätte, z. B. Façoneisen zu manchen Constructionszwecken, im Weghauen oder Befeilen der durch das Warmschneiden hervorgebrachten Bärte oder Grate besteht.

Mit diesem Fertigstellen der Stäbe ist bei einzelnen Artikeln, z. B. Schienen und anderem Oberbaumaterial, auch die Herstellung besonderer zur Zusammensetzung des Oberbaues nothwendigen Details, z. B. der Laschenlöcher, der Einklinkungen des Fusses für die Nägel, verbunden.

Diese Operationen geschehen durch Stossmaschinen, vielfach auch durch Bohrer, da, besonders bei Flusseisen, das Lochen mittelst Stossen die Festigkeit des Stabes beeinträchtigt und namentlich das Einklinken des Fusses bei zu starker Dehnung des Fusses in Folge zu später Streckung des Steges viel Ungelegenheiten gemacht hat.

Es versteht sich natürlich von selbst, dass ausser den erwähnten Operationen auch noch das Geraderichten aller Stäbe, welche als gerade Waare verkauft werden, und das Krümmen für bestimmte Zwecke, Schachtringe, Streckenstützen, in die Reihe der hier genannten Arbeiten gehören.

Bei der Fabrikation von Massenartikeln, z. B. Schienen und Trägern, bedingt die Vornahme dieser Arbeiten das Vorhandensein eines ausgedehnten Areals, besonders da die eigene und fremde Controlle sowie die Sortirung und die Verladung gleichzeitig auf demselben Platze vorgenommen zu werden pflegen.

3. Kapitel.

Die Darstellung gezogener Eisenfabrikate (Draht, Streifen, Röhren).

§ 761. Ausser den Schmiede- und Walzprocessen spielen auch die Ziehprocesse im Kreise des Eisenhüttenwesens eine wichtige Rolle.

Unter Ziehen versteht man die formverändernde Arbeit, die entsteht, wenn ein stabförmiges Materialstück, massiv oder auch hohl, durch eine Oeffnung von ähnlicher Form, aber geringerem Querschnitt dadurch bewegt wird, dass man an dem zur Erleichterung des Eintrittes zugespitzten oder überhaupt verjüngten Ende des Stückes eine Zugkraft wirken lässt.

Es tritt, wie beim Schmieden und Walzen, eine Querschnittsverminderung und eine entsprechende Längenausdehnung ein und die inneren Verschiebungen verlaufen so, dass die innersten Theilchen vorangehen, während die mit den Wänden der Ziehöffnung in Berührung gekommenen zurückbleiben, soweit dies der Zusammenhang gestattet. Eine Verdichtung durch Druck findet auch statt, wie dies weiter unten speciell gezeigt werden soll.

Besonders ist es der Draht, das im Gegensatz zum Querschnitt zu überwiegender Länge ausgebildete stabförmige, schmiedbare Eisen, welcher für die geringeren Stärken durch Ziehen hergestellt wird, während man durch Ausbildung der Walzprocesse gelernt hat, denselben für die grösseren Diameter ausschliesslich zu walzen. Mit dieser Art der Herstellung durch Zug ist eine starke Umformung durch Dehnung und Druck verbunden.

Mehr auf Umformung ohne sehr bedeutenden Druck und unter Umständen ausschliesslich durch Biegung und Faltung beruht die Herstellung profilirter Stäbe aus Streifen, ebenso von Röhren, obschon bei der Herstellung der letzteren die Mitwirkung von Walzwerken solche Vortheile gezeigt hat, dass man das blosse Ziehen auf Ziehbänken, wie es mit Röhren aus anderen Metallen geschieht, höchstens noch als Vollendungsarbeit gebraucht.

Weil bei der Herstellung von Röhren aus Eisen nicht so verfahren werden kann wie bei der Herstellung anderer metallischer Röhren, welche aus gegossenen Rohrstutzen von ausreichender Wandstärke und passendem Durchmesser kalt gezogen werden, sondern weil die eisernen Röhren stets geschweisst sein müssen, so geschieht ihre Herstellung in ziemlich hoher, d. h. Schweisshitze, und in Folge dessen kann, besonders bei dünnwandigeren Röhren, die Mitwirkung des Walzwerkes nicht entbehrt werden.

Dasselbe bewirkt die Fortbewegung des Materialstückes sogar über den festen, zwischen den Walzen frei liegenden Dorn hinweg, ohne dass die Reissfestigkeit des Materials in Anspruch zu nehmen wäre, die bei der Drahtzieherei hauptsächlich zur Wirkung kommt.

Man wird deshalb die Uebersicht der hierher gehörigen Arbeiten eintheilen können in:

A. Ziehen des Drahtes;
B. Ziehen der Streifen;
C. Ziehen der Röhren (einschliesslich Schweissen unter Walzen).

A. Ziehen des Drahtes.

§ 762. Wie schon angedeutet, ist der Draht wohl die wichtigste Eisenwaare, welche durch den Process des Ziehens dargestellt wird.

Der Vorgang ist einfach der, dass ein schwacher Rundstab, gewöhnlich schon von bedeutender Länge, nacheinander eine Reihe konisch-cylindrischer Löcher von abnehmenden Querschnitten, in einer Platte aus einem harten, unnachgiebigen Material eingebohrt, passiren muss und dadurch dünner wird. Dies wird so oft wiederholt, bis die gewünschte Dickendimension erreicht ist, wobei allerdings durch zu beachtende Vorsichtsmaassregeln verschiedene Unterbrechungen entstehen, die nicht vermieden werden können und welche wohl zur so energischen Ausbildung des Drahtwalzverfahrens geführt haben.

Die Verdünnung wird beim Ziehen nicht durch mehr oder minder gleichmässigen Druck mittelst raschlaufender Walzen, die den Stab abwechselnd in normal aufeinanderstehenden Richtungen quetschen und strecken, sondern durch eine Reihe von in einem hinlänglich unnachgiebigen Material gebohrten Löchern von stetig abnehmendem Querschnitt hervorgebracht, durch welche man das Material nacheinander hindurchzieht.

Die Löcher des Zieheisens der hierzu angewandten Stahlplatte sind auf der Eintrittsseite des zu ziehenden Drahtes konisch erweitert, um das Einstecken des leicht zugespitzten Endes zu erleichtern, und die konische Lochfläche bringt zwei Kraftzweige hervor, von denen der normal zur Konusfläche gerichtete Zweig der grössere sein muss, wenn der Draht sich nicht leicht klemmen soll.

Da der aus dem Ziehloch tretende Theil des Stabes diejenige Kraft zu übertragen hat, welche den Draht durchzieht, so ist es klar, dass die Beanspruchung nie bis zur Zerreissfestigkeit gehen darf, wenn nicht die Möglichkeit des Zerreissens eintreten soll.

Allerdings wächst bekanntlich die Haltbarkeit des Drahtes mit seiner in gewöhnlicher Temperatur durch wiederholte Durchgänge gesteigerten Härte, und man würde hiernach berechtigt sein, den Draht anfangs weniger, nachher mehr bei einem Durchgang zu verdünnen, wenn nicht im Grund für die steigende Festigkeit selbst, in der eingetretenen Härtung eine Gefahr läge, da dieselbe schliesslich die weitere Dehnbarkeit des Materials aufhebt und gleichzeitig eine bedenkliche Sprödigkeit hervorbringt.

Aus diesem Grund muss man die Zieharbeit (wie übrigens die meisten Metallbearbeitungen bei gewöhnlicher Temperatur) durch Ausglühungen unterbrechen und die entstandenen Spannungen sowie die starke Härtung wieder aufheben.

Der Draht sinkt dadurch plötzlich in seiner Reissfestigkeit und die weitere Verdünnung muss wiederum vorsichtiger anfangen, als vielleicht vorher gezogen worden ist.

Man sieht, dass hier ebenfalls eine Art Kalibrirung erforderlich wird, die aber bis jetzt rein auf praktischer Erfahrung beruht, da die Relation zwischen der zulässigen Querschnittsverminderung nicht genau bekannt ist.

Ein schon älterer Versuch von Karmarsch ergab für ein Durchmesserverhältniss zwischen dem eintretenden und austretenden Draht = 0,92,

bei ausgeglühtem Draht 24 Kilo Reissfestigkeit,
„ hartgezogenem „ 50 „ „ pro Q.-Millimeter Querschnitt.

Das Verhältniss zweier aufeinanderfolgender Ziehlöcher in Durchmesser und Querschnitt wird übrigens, um nicht zu viel Zeit zu verlieren, durch die Durchmesserfolge der Drahtlehre bedingt, die in ihren ältesten Verhältnissen jedenfalls aus praktischen Erfahrungen der Arbeit hervorgegangen ist.

§ 763. Die neue deutsche Millimeterdrahtlehre, welche seit geraumer Zeit viel Eingang gefunden hat und nach 0,1 mm Dicken nummerirt, so dass z. B. No. 55 einen Draht von 5,5 mm Dicke, No. 10 von 1 mm Dicke bezeichnet, umfasst z. B. Stärkenabmessungen von 0,2—10 mm, welche zu den verschiedensten Zwecken verlangt werden. Die Abstände der Sorten sind bezüglich der Durchmesser nicht gleich und noch weniger ist es üblich das Ziehen in gleichen Durchmesserabständen auszuführen.

Man sucht die verlangte Stärke natürlich auf dem kürzesten Wege zu erreichen und lässt sich in der Zahl der Abstufungen, also der Zieheoperationen ziemlich freie Hand.

Daher schwankt auch der Verdünnungsfaktor, d. h. das Verhältniss zweier aufeinanderfolgender Durchmesser ausserordentlich und wird auch noch durch die zeitweilige absolute Grösse der Durchmesser beeinflusst, indem sowohl die gröberen als auch die feinsten Drähte einen grösseren Verdünnungsfaktor haben als die mittleren Stärkelagen.

Beckert gibt für westfälische Verhältnisse 0,786—0,940 als Verdünnungsfaktor, also im Durchschnitt 0,886 an, bemerkt aber, dass derselbe für die Umwandlungen zwischen No. 80 und 14 meist noch darunter bleibt, wogegen er ausserhalb dieser Grenzen höher sei. (Eisenhüttenkunde, S. 400.)

Dieser Verdünnungsfaktor, eine von Karmarsch wohl zuerst aufgestellte Grösse, trifft nicht ganz genau die Grösse der Veränderung des Arbeitsstückes beim Ziehen, welche ohne Zweifel durch den Vergleich der Querschnittsgrössen vor und nach dem Ziehen weit besser charakterisirt werden würde.

Zieht man z. B. von 50 nach 40 und von 5 nach 4, so hat man den gleichen Verdünnungsfaktor 0,80; die Querschnittsabnahme ist aber eine ganz andere, da die Abnahme des Querschnitts, die sich wie 25 und 16 verhalten, einmal = 19,6 — 12,56 = 7,16 qmm, das andere Mal den hundertsten Theil davon = 0,0716 qmm beträgt.

Was nun den eigentlichen Umfang der Drahtzieherei in Beziehung zu den Dickenabmessungen anlangt, so ist das Rohmaterial Walzdraht, der in neuerer Zeit bis unter 4 mm Durchmesser dargestellt wird. Man geht aber nicht immer von dieser geringsten Abmessung aus, sondern meist von 5,5 mm, also der No. 55.

Es dürfte dieses Verhältniss wesentlich durch praktische Gründe und Ursachen näher bestimmt werden, vielleicht auch durch Rücksicht auf den bei dünnerem Walzdraht stärker auftretenden Glühspan. Anderes Rohmaterial wie Walzdraht kommt nicht mehr zur Anwendung.

§ 764. Für die Praxis des Drahtziehens kommen noch einige Umstände von allgemeinerer Bedeutung in Betracht.

In erster Linie wird der Anspruch auf Zerreissfestigkeit bedeutend durch die bei veränderlicher Durchgangsgeschwindigkeit wechselnde innere Reibung bei den Substanzverschiebungen der Arbeitsstücke beeinflusst. Diese Geschwindigkeit ist abhängig von der Leichtigkeit, mit der sich die Verschiebungen vollziehen können, also von der Geschmeidigkeit des Metalls, für die man leider noch kein anderes

Maass hat als das von Balcke angegebene. Sie darf nicht so gross sein, dass der Draht stecken bleibt oder abreisst, muss sich aber diesem Verhältniss thunlichst nähern, um den Process im Ganzen möglichst leistungsfähig zu machen.

Für Eisen- und Messingdrähte existiren ältere Messungen, welche

für Drähte von 6 mm eine Secundengeschwindigkeit von	. . .	0,25—30 m
„ „ „ 2 „ „ „ „	. . .	0,75—30 „
„ „ „ 1 „ „ „ „	. . .	1,25—1,50 „

ergeben haben (Beckert gibt 0,44 für 6 mm, 1,05 für 0,6 mm an).

Für weiche, aber feste Metalle kann man etwas höher gehen, z. B. weichstes Thomaseisen. Diese Bestimmung ist von construktiver Bedeutung für die Bemessung der Trommeltransmissionen der Züge.

Die Geschwindigkeit ist aber auch eine Funktion der Verjüngung, weil die durch letztere bedingte Substanzverschiebung, wie oben gefolgert, die entsprechende Zeit verlangt, um sich zu vollziehen.

Von dem Verhältniss der aufeinanderfolgenden Durchmesser, welches praktisch ebenfalls sehr wichtig ist, ist bereits bei der Anführung des Karmarsch'schen Versuchs über die Ziehfestigkeiten die Rede gewesen und mag hier noch folgendes angeführt werden.

Man nimmt im Allgemeinen an, dass die Metalle einen grösseren Unterschied der Ziehlöcher um so leichter ertragen, je grösser ihre Reissfestigkeit und zugleich ihre Weichheit ist.

Da diese Eigenschaften sich aber bis zu einem gewissen Grade ausschliessen, so reissen die dehnbarsten Sorten am leichtesten ab, während die härteren sich leichter ziehen lassen, aber mehr Kraft erfordern.

Es gibt deswegen nur eine geringe Anzahl von Metallen, die eine grosse Festigkeit mit nicht zu grosser Härte vereinigen. Solche ertragen naturgemäss die grösste Verdünnung auf einen gleichen Zug oder sind bei gleicher Verjüngung dem Abreissen am wenigsten ausgesetzt.

Man kann die Härte der Metalle vergleichsweise und für diesen Zweck genau genug durch die Zerreissfestigkeiten verschiedener gleich dicker Drähte nach ihrem Durchgang durch dasselbe Ziehloch darstellen. (Fischer-Karmarsch, Mechanische Technologie, Bd. II, S. 282.)

B. Vom Ziehen der Streifen.

§ 765. Das Ziehen von Streifen ist weniger eine hüttenmännische als eine technologische Operation, welche mit geschnittenen Blechstreifen oder mit breitem Bandeisen vorgenommen werden kann und wesentlich darin besteht, Faltungen und Biegungen zu bestimmten Formen von Beschlägen und Bautheilen auszuführen.

Man wendet dazu zweitheilige Ziehformen, „Secken", gewöhnlich aus Gusseisen oder Stahl an und bewegt das Material mittelst des durch eine Ziehbank geübten Zuges langsam hindurch.

Wenn die Ausbildung des Streifens mit einem Durchgang nicht zu vollenden ist, stellt man für jeden folgenden Durchgang die Backen mittelst der Schraube etwas näher aneinander und erreicht auf diese Weise mit einem einzigen Einschnitt denselben Zweck, dem man durch die successive Benutzung einer Reihe von Ziehlöchern nahe gekommen sein würde.

Die scharfen Backen des Seckenzuges wirken bei dünnem Blech durch einfaches Biegen und Drücken desselben, wobei alsdann den Erhabenheiten der einen Seite entsprechende Vertiefungen der anderen entsprechen; bei dicken Blechen sind Druckwirkungen und selbst Schabungen nicht ausgeschlossen, wobei die Gegenseite die entsprechenden Veränderungen gleichfalls durchmacht oder auch ganz glatt bleiben kann, je nach der Beschaffenheit des Ziehbackens.

Starke Abweichungen von der urspünglichen ebenen Gestalt der Streifen bedingen übrigens die Anwendung mehrerer Seckenzüge, um das Biegen erfolgreich durchführen zu können.

Die Hauptanwendung der Seckenzüge in der Technologie des Eisens kommt bei der Darstellung von Fenstersprosseneisen aus Eisenblechstreifen vor; eine Anwendung, welche indess durch die direkt betriebene Fensterstabdarstellung auf Walzwerken starke Schmälerung erleidet.

Die Abänderung der Seckenzüge dahin, dass als unterer Backen ein ebenes und glattes Stahlstück eingelegt wird und dass als oberer Backen ein senkrecht stehendes, am Unterende beliebig ausgeschweiftes und scharfes Messer oder Eisen angebracht ist, lässt anstatt des Ziehens das Schneiden eintreten und kann weicherem Material gegenüber wohl zur Herstellung sehr glattflächiger und genau profilirter Stäbe benutzt werden.

Für Eisen fällt dieses Schneiden bereits in die Grenzen des Hobelns und kann keine ausgiebige Benutzung veranlassen, auch wenn das Schneiden durch eine Reihe sorgsam abgestufter Messer ausgeführt würde. (Fischer-Karmarsch, Mechanische Technologie, Bd. II, S. 248.)

C. Vom Ziehen der Röhren.

§ 766. Das Ziehen von Röhren geschieht vorwiegend durch Zusammenlegen von besonders vorbereitetem Breiteisen und darauf folgendes Zusammenschweissen auf einer Ziehbank oder zwischen Walzen.

Eine Herstellung ohne Schweissnaht aus Gussstutzen, wie sie bei den Messingrohren ausführbar ist, scheint bei dem schmiedbaren Eisen nicht weiter bekannt geworden zu sein, obschon man hin und wieder von nahtlosen Röhren hört. Eine Fabrikation derartiger Produkte findet sich indessen nirgends ausdrücklich beschrieben.

Man fabricirt die geschweissten Rohre vorwiegend aus gutem, leicht schweissbarem Material und kann zweierlei Schweissungen hierbei unterscheiden:

die stumpf aneinander gelegte Schweissung,
die übereinander gelegte Schweissung,

daran schliesst sich wohl noch eine dritte Art der Schweissung, die auch wesentlich eine stumpfe ist, wobei aber die Fuge, nicht wie bei den vorhergehenden, der Rohraxe parallel läuft, sondern spiralförmig um das Rohr sich herumwickelt.

Wegen dieser Schweissarbeit verläuft das Ziehen der eisernen Rohre stets in sehr hoher Temperatur, wogegen bekanntlich die sonst zur Röhrenherstellung verwendeten Metalle grossentheils in gewöhnlicher Temperatur verarbeitet und nur in den Pausen des Ziehens durch Ausglühen oder Tempern wieder bildsamer gemacht werden.

Die Rücksicht auf das Gelingen der Schweissung hat auch dazu geführt, bei den Röhren, welche später einen stärkeren Druck auszuhalten haben, ein etwas anderes Verfahren auszubilden als für die Röhren für geringeren Druck.

Die letzteren, zu welchen namentlich alle Gasrohre engeren Kalibers, Möbelstäbe etc. gehören, werden aus flachen Stäben oder Streifen mit möglichst sauberen langen Kanten hergestellt, welche entweder direkt ausgewalzt oder aus breitem Eisen, bezw. Blech durch Zerschneiden gewonnen werden können. Das erstere Verfahren ist billiger als das zweite; das letztere gibt aber vielleicht bessere Schweissungen.

Die vorgerichteten, gewalzten oder geschnittenen Streifen bringt man in einen länglichen Schweissofen von geringer Breite (0,5 m) und niedrigem Gewölbe. Das Feuer steigt der Länge nach bis zur Thür, neben welcher es beiderseits Austrittsöffnungen vorfindet, den Ofen zu verlassen. Zur Heizung wendet man eine möglichst langflammige Kohle an und arbeitet mit etwas schmauchender Flamme.

Die Streifen müssen möglichst gleiche Erwärmung bekommen, da sie direkt aus dem Ofen auf die Ziehbank kommen, um geformt zu werden. Das andere Ende jedes Streifens wird um einen Dorn herum dütenartig zusammengeklopft, so dass man es durch das Ziehloch stecken und mit der Schleppzange packen kann. Ist dies geschehen, hängt man die Zange in die bereits in Bewegung versetzte Kette der Ziehbank ein und zieht den sich zu einem Rohr langsam schliessenden Streifen allmälig durch. Die langen Kanten werden dabei stumpf gegeneinander gedrückt und zur Schweissung vorbereitet.

Sind alle Rohre in dieser Weise gerollt, so werden sie im Ofen zur wirklichen Schweisshitze gebracht und ganz in derselben Weise, nur durch ein etwas engeres Zieheisen gezogen, um die Stösse fest aneinander zu drücken.

Dieses Ziehen mit geringer Verjüngung wird einige Mal wiederholt, wobei man ausserdem Sorge trägt, das vorübergehend wieder in den Ofen gelangte Rohr in seiner Lage dem Feuer gegenüber, zu wechseln und das Fuchsende nach der Feuerbrücke zu legen und umgekehrt, um eine möglichst gleichmässige Erwärmung herbeizuführen.

Das gleichzeitige Zusammenpressen der Fuge und Ausziehen des Rohres vollendet die Schweissung.

Das Geraderichten geschieht sofort nach dem letzten Ziehen mit dem noch glühenden Rohre und wird auf einer horizontalliegenden, starken gusseisernen Platte ausgeführt, indem man eine zweite gusseiserne Platte auf den Rohren hin- und herrollt.

Der Abstand beider Platten ist durch eine Stellvorrichtung genau geregelt, so dass kein Verdrücken oder Verbiegen eintreten kann.

Die letzte Operation ist das Beschneiden der Rohrenden, worauf das Fabrikat zur Gewindeschneidmaschine wandern kann.

§ 767. Die soeben geschilderte Art der Schweissung gibt bei der Anfertigung von Röhren zu hohem Druck minder befriedigende Resultate und ist durch ein anderes Verfahren frühzeitig ersetzt worden. Dasselbe, in der Umgegend von Birmingham oder in dieser Stadt selbst wahrscheinlich erfunden, wurde oder wird noch sehr geheim gehalten, obschon die Einzelheiten des Verfahrens nach und nach bekannter geworden sind und eine vielseitige Concurrenz sich desselben bemächtigt hat. Die einzige

literarische Darstellung des Processes rührt von Cecil, Ritter von Schwarz her und findet sich in der Zeitschrift des berg- und hüttenmännischen Vereins von Kärnthen und Steiermark 1877, S. 77; doch sind weder die Oefen noch die eigenthümlichen Schnellwalzwerke in der Arbeit näher angegeben.

Als Material der Siederöhren wird gutes weiches Stabeisen, sowohl aus Cokes wie aus Holzkohlenroheisen gefrischt, verwendet; in einigen Fällen kommt auch ganz weiches Bessemermaterial zur Benutzung. Die Düsseldorfer Röhrenwerke haben viel schwedisches Bessemermetall (Sandviken) mit Vortheil verwendet.

Kaltbruch muss in dem auszuwählenden Rohstoff schon deshalb vermieden werden, weil jedes fertige Rohr einer sehr starken Festigkeitsprobe im kalten Zustand unterworfen wird und daneben auch das Umbördeln und Auftreiben am Ende aushalten muss.

Ein geringer, die Schweissbarkeit begünstigender Phosphorgehalt, wird indessen nicht ungern gesehen, muss aber sich in sehr engen Grenzen halten.

Die Materialstärken müssen 12—15 Procent grösser sein als die Wandstärken der fertigen Rohre; diese Zugabe ist nothwendig, weil erstens bei der ganzen Schweiss- und Glüharbeit immerhin Materialverluste durch Oxydation eintreten und weil zweitens die Fabrikation stets eine gewisse Streckung des Rohres mit sich bringt.

Ebenso sind Länge und Breite der Materialstücke so reichlich zu nehmen, dass die Dimensionen der fertigen Rohre sicher dabei herauskommen.

Die Form des Materials ist ein 500—800 mm breites und ziemlich langes Blech von 2,25 bis 4,50 mm Dicke, welches mit grosser Sorgfalt dargestellt wird. Die Packete werden aus gargepuddeltem Eisen in Form von Rohschienen aufgebaut, indem man viel Querlagen anwendet. Blechabfälle vermeidet man, als nicht rathsam und zu Schweissfehlern Veranlassung gebend. Ebensowenig glüht man die Bleche später aus, sondern sprengt lieber beim letzten Durchgang durch die Walzen den Glühspan durch Aufgiessen von Wasser ab.

Vor der Weiterverarbeitung werden die Bleche auf das Genaueste untersucht und alle nicht vollkommen fehlerfreien für andere Zwecke ausgesondert. Die ausgewählten und gut befundenen Bleche schneidet man mittelst Circularscheeren mit Geradeführung in entsprechend breite Streifen unter Zugabe von 8—10 mm für das Aufeinanderlegen in der Schweissfuge und hobelt sie auf beiden Stössen schräg ab, so dass ein spitzer Winkel von 20 bis 25^0 entsteht.

Die Hobelung geschieht, indem man den Blechstreifen auf der Ziehbank zwischen den gleichzeitig von oben und von unten wirkenden Messern durchzieht.

Die weitere Vorrichtung vor dem Einlegen in den Ofen besteht noch darin, dass man das Rohrende dütenartig zusammenbiegt, wie früher erwähnt, und zum Erfassen durch das Schweisswalzwerk geneigt macht.

§ 768. Die so vorgerichteten Streifen, welche mit den zusammengewickelten Enden vorn aus dem Ofen sehen, werden in gewöhnlichen Blechglühflammöfen (s. zweiten Abschnitt) möglichst gleichmässig auf starke Rothgluth erhitzt und dabei vorwiegend mit Schmauchfeuer behandelt.

Der Ofen ist gewöhnlich 6 m lang und 600 mm breit und wird so befeuert, dass die Flamme die Streifen der Länge nach bestreicht und dicht an der Thür durch Schlitze in der Sohle oder in der Seitenwand abzieht. Die Ofensohle ist etwas geneigt und hat auch oft Leisten der Länge nach, um das Gleiten der Streifen zu erleichtern.

Unmittelbar vor dem Ofen befindet sich die Vorrichtung zum Einrollen und Vorrunden, aus einem gut ausgedrehten eisernen Trichter bestehend, der der Thür gegenüber auf einer Schleppzangenziehbank fest aufgestellt ist. Das zusammengebogene Rohrende wird vom Arbeiter erfasst, durch den Trichter gesteckt, dahinter mit der Schleppzange gepackt und nunmehr langsam durch den Trichter gezogen. Dabei muss sich Schnittfläche auf Schnittfläche legen und eine schräg durch die Rohrwand gehende Schweissnaht bilden, die durch Nachrichten mit Holzhämmern noch genauer gemacht werden kann.

In dem nun folgenden Schweissen liegt der Schwerpunkt und auch die Hauptschwierigkeit des ganzen Verfahrens.

Die Rohre müssen ihrer ganzen Länge nach vollkommen gleichförmig und gut erhitzt werden; sie müssen zur richtigen Zeit gezogen werden und dürfen, sobald sie die erforderliche Hitze erlangt haben, keinen Augenblick länger liegen, da sie leicht verbrennen und durch Krystallinischwerden des Gefüges brüchig werden.

Den Schweissofen beschreibt von Schwarz folgendermaassen.

Der Herd eines solchen Ofens ist 6 m lang, 0,5 m breit und wird von einem 400 mm hohen Gewölbe überspannt, das sich nach dem Fuchs zu auf 300 mm niedersenkt. Die Arbeitsthür liegt an der Kopfseite dem Fuchs gegenüber und zwischen zwei ziemlich grossen Rosten (je 1,060 m im Quadrat), deren Feuer durch zwei unmittelbar hinter der Arbeitsthür angebrachte Flammenlöcher (0,230 m hoch und 0,28 m weit) in den Heizraum tritt.

Die Flammen ziehen am Gewölbe nach dem Fuchs hin und bespülen der Länge nach die auf schwach geneigtem Quarzbett liegenden vorgerundeten Rohre, deren Schweissnähte nach oben gerichtet sind. Der Sand darf nicht unter Erbsengrösse sein und es werden nur 2 bis 4 Röhren auf einmal gewärmt.

Bezüglich der Kohle gilt dasselbe, was für jede feinere Schweissarbeit gefordert werden muss: hoher Gasgehalt, ohne Backen auf dem Rost, keine verunreinigende Flugasche, thunlichste Abwesenheit von Schwefel.

Ausser dem eben beschriebenen Schweissofen sind natürlich auch andere Construktionen zulässig, sobald sie das Ziel ebenfalls und unter erträglichen wirthschaftlichen Bedingungen erreichen lassen.

Man legt vielfach die Feuerrichtung quer zur Rohrlänge und bringt an der Langseite des Ofens mehrere Roste hintereinander an, während die Füchse an der anderen Langseite sich befinden. Die Erhitzung wird in der ganzen Rohrlänge gleichmässiger; es geht aber sehr viel Wärme verloren, da die Flamme sich nicht vollständig entwickeln kann. Der Brennstoffaufwand ist in Folge dessen auch sehr beträchtlich und lässt die Einrichtung kaum empfehlenswerth erscheinen.

Gasfeuerungen ebenso wie Naphtaheizungen (Pensylvanien) sind auch in Anwendung.

§ 769. Die weissglühend erhitzten Rohre werden nunmehr mit grösstmöglichster Geschwindigkeit in ein raschlaufendes Walzwerk gebracht und von demselben über einen festen polirten Dorn hinweg durchgezogen.

Dieses Schweisswalzenpaar liegt so nahe als möglich an der Arbeitsthür und besteht der Hauptsache nach aus zwei scheibenförmigen Walzen mit nur einem Rundkaliber, welches der äusseren Gestalt des Rohres entspricht.

Ihre Umfangsgeschwindigkeit ist ziemlich gross, um die Schweisshitze gut ausnutzen zu können und jeder Abkühlung thunlichst zu begegnen. Doch darf man mit der Steigerung der Geschwindigkeit nicht weiter gehen, als absolut nothwendig ist, weil sonst Stockungen und Zerreissungen eintreten. Weitere Rohre mit etwas grösserer Wandstärke lassen selbstredend geringere Geschwindigkeiten zu.

Manche englische Anlagen bedienen sich verschiedener, zwischen der Antriebswelle und den Kammwalzen einzusetzender Zahnradsätze, um die für jede Dimension genau passende Geschwindigkeit sicher einzustellen.

Die Scheiben haben 550—650 mm Durchmesser aussen und machen 60—130 Touren pro Minute; als Motor benutzt man eine direkt wirkende Dampfmaschine von pptr. 50 Pferden.

Man kann nach den gemachten Angaben leicht berechnen, wieviel Zeit ein 6 m langes Rohr braucht, um das Walzwerk zu passiren. Die Peripherielänge schwankt je nach der Rohrdicke zwischen

$$3{,}14 \times 550 \text{ und } 3{,}14 \times 650 \text{ oder } 1{,}727 \text{ und } 2{,}041 \text{ m},$$

welche in 0,46 bis höchstens 1 Secunde vorbeilaufen.

Das Schweisskaliber befindet sich in einem Niveau mit dem im Ofen liegenden, zu schweissenden Rohr, so dass zwei Leute das Rohr mit Doppelhohlzangen hinter dem Ende packen und rasch zwischen die Walzen einführen und mit grosser Vehemenz hineinstossen können. In dem Kaliber schwebt ein polirter Hartgussdorn von paraboloïdischer Gestalt, dessen hinterer dickerer Theil auf einer Längserstreckung von 10 mm cylindrisch geschliffen ist. Das Rohr wird über diesen Dorn weg zwischen die Walzen geschoben, die es packen und in wenigen Secunden durchziehen.

Ein knatterndes Geräusch, oft ein förmlicher Knall begleitet dieses Durchfliegen und das Rohr hängt hinter dem Walzwerk auf der den Dorn tragenden Rundstange, von der es abgestreift werden muss. Ist die Schweissung nicht recht gelungen, so wandert das Stück sofort in den Ofen zurück und passirt ein zweites, eventuell auch ein drittes Mal die Walzen.

Sorgfältige und genaue Arbeit ist hierbei die Hauptsache, und es müssen sowohl die Kaliberscheiben als auch der Hartgussdorn fortdauernd nachgesehen und adjustirt werden.

Auch müssen von beiden die hinlänglichen Ersatz- und Auswechselstücke vorhanden sein, um bei zu weit gehender Erhitzung den Ersatz gleich vornehmen zu können.

Die solchergestalt hergestellten Rohre gelangen wieder in einen Glühofen (dem beim Vorrunden beschriebenen entsprechend), werden bis zur Kirschrothgluth erwärmt und dann durch einen Hartgussring gezogen, dessen innerer Durchmesser dem äusseren Rohrdurchmesser genau entspricht.

Der Rand des Ringes ist scharf, schabt beim Durchgang des Rohres den Glühspan von demselben ab und glättet die Oberfläche. Das Rohr wird hierbei von der Schleppzange nur ganz langsam durchgezogen und dabei gleichzeitig gerade gerichtet.

Die Rohre werden auf einer Drehbank auf genaue Länge abgedreht und dann auf die Druckpumpen gebracht, um mit 15—35 Atmosphären von innen nach aussen gepresst zu werden.

Hierbei noch kann man sich von der Beschaffenheit der Schweissung Rechenschaft geben, da Mängel der Schweissung zum Lecken der Rohre stets Veranlassung geben.

4. Kapitel.

Die weiteren Vollendungsarbeiten.

§ 770. Die weiteren Vollendungsarbeiten des schmiedbaren Eisens fallen weniger in das Bereich der Hüttenwerke als in das der Bauconstruktionsanstalten.

Den Anschauungen der Technologie nach rechnet man hierher ausser den verschiedenen Bearbeitungen zum Behufe der Zusammensetzung und weiteren Verwendung hauptsächlich die zur Herstellung blanker oder verzierter Oberflächen oder zum Schutz derselben ausgeführten Arbeiten.

Dazu gehört das Beizen der Bleche, des Eisen- und Stahldrahtes durch Säuren, oft als Vorbereitung für Ueberziehen mit anderen Substanzen, oft als Zwischenoperation vor weiterer Verfeinerungsarbeit. Weiter rechnet man das Blankmachen, Scheuern, Schleifen und Poliren auf mechanischem Wege hierzu, ebenfalls theils als Zwischen-, theils als Endoperation.

So wird der Draht durch Poliren von Glühspan befreit, die Bleche vor dem Verzinnen und Verzinken gescheuert, manche Eisen- und Stahlfabrikate geschliffen und polirt (abgesehen von den Arbeiten der gesammten Kleineisenindustrie).

Weiter sind zu erwähnen die schützenden Anstriche, die man z. B. Bauträgern und anderen ähnlichen Fabrikaten oft auf den Walzwerken selbst gibt, um sie nachhaltiger gegen die beginnende und dauernde Verrostung zu schützen, sowie die anderen Ueberzüge von Metall und Emaille.

Hierher gehört ferner das Verzinnen und Verzinken (Galvanisiren), welches die Blechwalzwerke vielfach selbst betreiben. Das Emailliren bezieht sich durchschnittlich weniger auf Rohfabrikate als auf feinere Sachen, Geschirre etc., welche nur ganz ausnahmsweise von Hüttenwerken selbst angefertigt werden.

Diese Arbeiten bieten sämmtlich keine mit der Metallurgie besonders enggeknüpfte Beziehungen und es empfiehlt sich, das Wenige, was in Bezug auf die etwaigen allgemeinen Principien zu sagen ist, mit den nothwendigen Andeutungen betreffend die zugehörigen Apparate zu verbinden.

Es darf hier bemerkt werden, dass diese Nebenbetriebe immer mehr in die Hände besonderer Anstalten übergehen, die Musse und Zeit genug haben, die Sachen ins Einzelne zu verfolgen und die alsdann auch alle Anwendungen einer so vollendeten Eisenwaare umfassen können.

Nur die Blechwalzwerke befassen sich noch zum Theil mit dem Verzinnen und Verzinken glatter und façonnirter Tafeln, aber immer mehr wenden sich besondere Constructionsspecialisten diesen Aufgaben zu, z. B. Hilgers in Rheinbrohl, F. A. Neuman in Eschweiler-Aachen u. A.

Zweiter Abschnitt.

Anlage, Bau und Betrieb der zum Erwärmen aller bei den Vollendungsarbeiten des schmiedbaren Eisens vorkommenden Materialien und Produkte*) erforderlichen Oefen und Gefässe.

§ 771. Wie im vorigen Abschnitt erörtert, geschieht ein sehr grosser Theil der Vollendungsarbeiten beim schmiedbaren Eisen in der Wärme, indem man dasselbe durch Erhitzen bis zu einer geeigneten Temperatur plastisch macht und unter Umständen dies wiederholt, im Fall die zu grosse Dauer der in höherer Temperatur zu geschehenden Vollendungsarbeiten eine vorzeitige Abkühlung verursacht. Der damit verbundene Eintritt geringerer Geschwindigkeit hindert die Weiterarbeit unter den gewöhnlich bei Hammer-, Walz- und Ziehwerken zulässigen Verhältnissen.

Ausser diesen, zur Erreichung einer gewissen Geschwindigkeit erforderlichen Erhitzungsprocessen, tritt in Verbindung damit oder auch für sich der Schweissprocess, welcher die S. 581 u. ff. im Princip, wie in der Ausführung besprochenen Verfeinerungsarbeiten ausmacht.

Dieser Process erfordert die höchste Temperatur, bei welcher das schmiedbare Eisen noch in festem, wenn auch schon bedeutend erweichtem Zustande sich befindet und in Folge dessen auch Apparate von grosser Leistung, die Schweissöfen.

Ausser denselben werden auch Oefen verlangt, welche nicht so weit gehen, sondern in der erzielten Temperatur sich unter der Weissgluth bewegen, weil die betreffenden Einsätze keine Schweissung bedürfen. Man gibt derartigen Arbeitsstücken, zu denen alle bereits vorgeschweissten, abgeschmiedeten Blöcke sowie auch die meisten Flusseisenblöcke gehören, wohl eine so hohe Hitze, als sie irgendwie gut vertragen können, ohne sich chemisch zu verändern, erreicht aber nie die absolute Weissgluth, wie sie zum Schweissen nothwendig ist.

Diese ganze Gruppe von Oefen kann man als Schweiss- und Wärmöfen bezeichnen, mit der Maassgabe, dass in denselben wohl die Schweisshitze erreichbar ist, aber nicht jederzeit verlangt wird.

Demnächst kommen für einzelne der bereits bearbeiteten Stücke, sofern man Grund hat, eine zu starke Spannung oder Härtung in ihnen zu vermuthen, die der Haltbarkeit durch hinzugetretene Sprödigkeit Abbruch thut, Apparate zur Wirkung, in denen ein Nachglühen stattfindet. Es sind dies oft nur Nebenräume der Herde und Oefen, dann verschiedene selbstständig wirksame Oefen, endlich für kleinere oder dünnere Waare, z. B. Draht: Gefässe, Glühtöpfe.

Die Substanz dieses Kapitels würde sich etwa folgendermaassen theilen.

1. Kapitel: Die Schweiss-, Wärm- und Glühöfen im Allgemeinen. Calorische Verhältnisse.
2. Kapitel: Anlage und Betrieb der Schweiss- und Wärmöfen.
3. Kapitel: Anlage und Betrieb der zum Nachglühen fertiger Produkte geeigneten Apparate.

1. Kapitel.

Die Schweiss-, Wärm- und Glühöfen im Allgemeinen. Calorische Verhältnisse.

§ 772. Die meisten Schweiss-, Wärm- und Glühöfen gehören in die Klasse der gewöhnlichen Flammöfen, deren Begriff bereits beim Eisengiessereibetrieb und beim Puddelbetrieb genügend festgestellt worden ist oder es sind Gasfeuerungen der verschiedenartigsten Einrichtung. Ganz vereinzelt kommen wohl noch Oefen von herdartiger Bauart und Wirkungsweise vor und daneben Wärmung in Gefässen und auf Cokesbetten über einem Rost.

Einen Charakter haben die meisten dieser Anlagen: sie kommen nicht über einen gewissen Nutzeffekt hinaus, der weit hinter dem an Schachtöfen, überhaupt bei dem direkten Contakt von Kohle und Einsatzmaterial beobachteten zurückbleibt.

*) Bei der Eintheilung des Stoffes der zweiten Abtheilung, S. 576 sind aus Versehen die Worte: vorkommende Materialien und Produkte ausgelassen worden.

Dieser geringe Effekt liegt wesentlich an der ungünstigen Bauart, der grossen Oberflächenentwickelung des ganzen Apparates und dem daraus hervorgehenden grossen Leitungs- und Strahlungsverlust. Die Effektziffer wird natürlich sehr stark von dem Ausnutzungsgrade des Ofens beeinflusst, da bei starkem Besetzen und raschem Ziehen der relative (pro Einsatz- oder Produktionseinheit bezeichnete) Kohlenverbrauch alsdann sinken muss, während er bei schlaffem Betrieb sehr stark wächst.

Die mehr oder minder vollkommene Verbrennung, das Entweichen unverbrennter Verbrennungselemente durch die Esse in die Luft, sehr starkes Rauchen und Qualmen der Essen beeinflussen die Effektziffer ebenfalls, abgesehen von schlechten, fehlerhaften Verhältnissen in Bau und Ausführung.

Ein zu kleiner Rost, auf welchem viel gearbeitet werden muss, um die nothwendige Leistung zu haben, ferner schlechte Fuchs- und Essenverhältnisse vermögen die Leistung des Ofens herunterzudrücken.

Wenn man den aus dem Kohlenverbrauch berechneten Wärmeverbrauch pro Tonne gezogenes Material mit W bezeichnet und den theoretisch erforderlichen Wärmeverbrauch pro Tonne mit w, so bezeichnet $\frac{w\,100}{W}$ das Verhältniss w/W in Procenten des letzteren, d. h. die von Gruner eingeführte Effektziffer des Apparates.

Die sämmtlichen hierher gehörenden Arbeiten Gruner's (Annales des Mines, VII. Serie, Bd. 4 und Bd. 8) hat der Verfasser unter der Ueberschrift: Studien über die Ausnützung der Wärme in den Oefen der Hüttenwerke in Dingler's Journal 1876, Bd. 220, S. 247 u. ff. bearbeitet und zusammengestellt, sowie mit einer Reihe von selbstständig gesammelten neueren Betriebsdaten vervollständigt*).

Wenn nun zwischen den verschiedenen zum Erhitzen von Eisen und Stahl anwendbaren Apparaten erhebliche Leistungsdifferenzen (unter Annahme selbstverständlich eines ganz gleich energischen Ganges) existiren, so müssen für das Bestehen solcher Apparate nebeneinander wiederum Gründe sprechen, die sich nicht einfach von der Hand weisen lassen und den Betriebsleiter zwingen, den grösseren Brennstoffverbrauch zu ertragen.

Es wird sich bei der kurzen definirenden Beschreibung der einzelnen Apparate der Einblick in solche bestimmende Verhältnisse von selbst ergeben.

§ 773. Der einfachste und primitivste Schweiss- und Wärmapparat ist der **Herd,** ähnlich wie ihn die Schmiede benutzen und in der Grösse wachsend bis nahe zu den Dimensionen des Frischherdes.

Zu den Grossbetriebsapparaten der Industrie gehört er nicht und ist nur da am Platz, wo die Kleinheit der Arbeiten einen anderen Apparat nicht wohl gestattet. Er ist in den Maschinenfabriken und bei anderen Werkstätten für Eisenconstruktionen noch eine wichtige Betriebsvorrichtung; in der eigentlichen Fabrikation kommt er indess höchst selten zur Geltung. Kaum dass man sich seiner bedient, um in längst aufgelassenen Frischhütten mit guten Wasserkräften aus Bessemerstahlplatinen eine besondere Sorte Gärbstahl bei Steinkohlen herzustellen.

Seine Mängel und Fehler an sich sind dieselben wie die der an anderer Stelle ausführlich beschriebenen Frischherde und sein Wirkungsgrad ist deshalb ausserordentlich gering.

Der Betrieb, dessen Energie sehr von der Güte der Kohle, der Geschicklichkeit des Arbeiters u. a. m. abhängt, schwankt in seinen Resultaten weit mehr, als es bei modernen Feuerungsanlagen vorkommt, wenn sie grössere, von der Individualität des Arbeiters unabhängigere Betriebe bedienen.

Es existirt darüber eine Reihe von Angaben, aus der sich aber keine höhere Werthsziffer für die Wirkung berechnet als etwa 3 Procent. Es wird mithin fast 33 mal mehr Brennstoff verbraucht, als das Eisen an sich zur völligen Erwärmung beansprucht. Den geringsten Verbrauch hat man natürlich beim gewöhnlichen Schweisseisenverarbeiten, weil man hier ohne Schaden für die Metallqualität eine heftigere Windführung und eine stärkere Kohlensäureproduktion dulden kann, also ein rascheres Arbeiten und eine bessere Verbrennung des Brennstoffes.

Würde man aber kohlehaltiges oder siliciumhaltiges Eisen, namentlich Alles, was zum härteren Flusseisen und Stahl gehört, ähnlich behandeln, so würde man, Früherem zu Folge, die Waare mit einem geringeren Gehalt an stahlbildenden Bestandtheilen wieder aus dem Feuer bekommen und einem weicheren Produkt sich gegenübersehen.

Bei den Flammöfen werden derartige Rücksichten auf die Qualität der Einsätze auch noch eine Rolle spielen.

Bezüglich der Verwendung der Herde als Wärm- oder Glühapparate ist nur noch zu bemerken, dass diese Funktion eine rein nebensächliche ist. Fig. 47 dieses Bandes, S. 354, zeigt einen Wärmraum an zwei Feuern; im Uebrigen benutzt man die Flamme der beschütteten Herde, um die Stangen der vorigen Schicht etwa nachzuglühen.

*) Der Verfasser darf dies hier hervorheben, weil von ihm ermittelte Ziffern und Verhältnisse später theils ignorirt, theils auf Gruner's Namen gekommen sind.

§ 774. Die eigentlichen Schweiss- und Wärmöfen, theils Flammöfen mit gewöhnlicher Plan- oder anderer Rostfeuerung, theils Gasöfen nach den bereits vielfach erörterten Principien geben allerdings ganz erheblich bessere Resultate als die Herde, da auch die minderwerthigsten unter ihnen immer nur einen halb so hohen Kohlenverbrauch zeigen als die Schmiedeherde, die besten aber nur den dritten Theil der in den Herden verbrannten Kohle beanspruchen.

Man kann 6—10 Procent als Ausnutzungswerth der verausgabten Wärme feststellen. Je stärker die Oefen geladen werden können und je gleichmässiger man sie befeuern kann, um so bessere Resultate werden sie geben.

Ein Ofen, der nur discontinuirlich be- und entladen wird, wo nach dem vollen Ziehen immer Pausen eintreten, bis die an den Fuchs gelegten Stäbe nach der Feuerbrücke geschoben und warm geworden sind, kann die Wärme nicht so ausnutzen wie ein Ofen mit nahezu continuirlicher Beschickung, in welchem die Materialblöcke, an der kältesten Stelle eintretend, allmälig dem Feuer entgegenbewegt werden, bis sie die Walztemperatur haben.

Ein solcher Ofen, z. B. der Taf. XXXIII dargestellte Wärmofen für Stahlblöcke, ein sogenannter Rollofen, nutzt auch die einfachste Planrostfeuerung vollkommen aus, und man kann je nach der Energie des Betriebes die Wirkungswerthsziffer auf 14—17 Procent steigern. Noch ist dabei zu bemerken, dass ein solcher Ofen absichtlich und im Interesse der Stahlqualität mit etwas reducirender, also russender Flamme geführt wird, und dass man daher nicht ohne Weiteres den Effekt der Kohlen als voll in Rechnung stellen darf, sondern mit der Summe der der Gaszusammensetzung am Schluss entsprechenden Verbrennungswärmen.

Der Verfasser hat eine solche Rechnung angestellt, als er die Gruner'schen Werthe bearbeitete, und glaubte, auf Effekte bis über 20 Procent schliessen zu dürfen, sobald der Werth der Kohlenverbrennungswärme auf nur 5000—6000 Calorieen veranschlagt würde.

Wärm- und Schweissöfen, welche im Gegensatz solcher stark besetzter und schlank gehender Apparate grosse, schwer bewegliche Stücke zu erwärmen haben, sind nie auf ihre Leistungsfähigkeit im Vergleich mit anderen zu prüfen, weil sie ein durchaus falsches Bild ihres Werthes geben würden, z. B. Wärmöfen für Façonschmiedestücke, für das Walzen von Panzerplatten u. dgl.

§ 775. Die Gasfeuerungen anlangend, so sind dieselben gerade auf diesem Gebiete der eisenhüttenmännischen Feuerungsanlagen sehr verbreitete Einrichtungen geworden, und man begegnet allen Systemen, von denen jedoch die vielfach als Halbgasfeuerungen bezeichneten Anordnungen von Bicheroux, Boëtius, Ponsard u. A. auch im Grossbetrieb wohl die bevorzugtesten sind, während die Siemensöfen älterer Art etwas zurückstehen. Es machen sich bei der Wahl der einen oder anderen Gruppe ähnliche Verhältnisse geltend, wie sie gelegentlich der Puddelofenheizung besprochen worden sind. Während die Siemensöfen unbedingt für die Lösung der umfänglichsten oder der schwierigsten Aufgaben noch immer die sicherste Garantie bieten, gestatten die anderen Ofenconstruktionen ein genaueres Anschmiegen an Eigenthümlichkeiten und Ansprüche der einzelnen Fabrikationen sowie, wie schon früher hervorgehoben werden konnte, die Möglichkeit, eine Verwerthung der Abhitze leichter herbeizuführen.

Gelegentlich der Construktion der Martinöfen ist nach dem Vorgang von de Boischevalier darauf hingewiesen, wie sich auch der Siemensofen durch Veränderung der Regeneratorenverhältnisse, besonders durch Einschränkung und gänzliche Aufhebung der Gasregeneration, den Halbgasfeuerungen in seiner Wirkung nähern lasse.

Der ältere und mit gleichmässiger, d. h. den bezüglichen Mengen entsprechender Regeneration von Gas und Luft versehene Siemensofen ist als Schweiss- und Wärmofen seiner gleichmässigen Wirkung wegen sehr beliebt und kann auch in seiner Wärmeleistung so weit abgestimmt werden, dass keinerlei Ueberhitzen bestimmter und empfindlicher Einsätze einzutreten braucht. Doch weil dieser Fall dennoch durch Unvorsichtigkeit der Leute plötzlich auftreten könnte, ziehen Flusseisen- und Stahlwerke, die auf sehr gute Qualität zu sehen in der Lage sind, für alle delicaten Fälle nicht allein, sondern auch für grossen Betrieb Kohlenfeuerungen vor, wie dies z. B. der im vorigen Paragraph erwähnte Rollofen beweist.

Da solche Art von Feuerungsanlagen ausserdem durch ihre günstigen Effekte nur wenig von den Gasfeuerungen sich unterscheiden, deren Einführung den Wirkungswerth mittelmässiger direkter Feuerungen höchstens verdoppelt hat, während gut betriebene Feuerungen nur um $^1/_3$—$^1/_2$ der vorigen Leistung gesteigert wurden, so wurde jenen Werken die Rücksicht auf das Einsatzmaterial nicht besonders schwer gemacht.

Wer sich über die immerhin noch geringe Werthziffer für den Effekt der mit 25—50/$_{00}$ Brennstoffersparniss arbeitenden Gasfeuerungen wundern wollte, würde vergessen, dass die meisten Gasfeuerungen, besonders aber die Siemens'schen, eine weit grössere Masse Baumaterial einschliessen, welche fortdauernd an der Erhitzung Antheil nimmt und ebenso fortdauernd nach aussen Wärmemengen abgibt.

Der vollkommenen Verbrennung auch der unbequemsten Rohmaterialien und der Beschränkung der Wärmeverluste nach dem Kamin hin gegenüber, welche die Gasfeuerungen auszeichnen sollen, stehen hier die mit dem complicirten Bau unvermeidlichen grösseren Massenanhäufungen an Constructionsmaterial gegenüber, welche den Wirkungswerth nicht viel über 20/$_{00}$ hinausgelangen lassen.

2. Kapitel.

Anlage und Betrieb der Schweiss- und Wärmöfen.

§ 776. Die Anlage sowie der Betrieb aller zur Vorbereitung von schmiedbarem Eisen für die weitere mechanische Bearbeitung erforderlichen und gebräuchlichen Oefen hängen ganz und gar von Form und Grösse der Einsätze und Produkte, dann von den Brennstoffen selbst ab, obschon in letzter Hinsicht nur der Theil des Ofens zu berücksichtigen ist, der die Feuerungsanlage selbst aufzunehmen hat, also der Feuerraum der direkten, der Generator der Gasfeuerungen.

Für diesen Raum gilt, was schon bei den Puddelöfen gesagt ist, und die daselbst gelegentlich empfohlene reichliche Dimensionirung sowie andere Einrichtungen sind für Schweiss- und Wärmöfen umsomehr zu beherzigen, als man der durchaus gleichmässigen Befeuerung derartiger Apparate wegen jene Eigenschaften der Feuerungsanlage besonders gut ausnutzen kann.

Gleichmässiges, sehr ruhiges Schüren, mehr durch Abschlacken des Rostes und Lockern der Stäbe als durch wüstes Durcheinanderstossen träg brennender Stoffe erzielt, kann nur in geräumiger Feuerung vor sich gehen, und es muss auch in Betreff der hier zu besprechenden Oefen auf die Verhältnisse verwiesen werden, wie sie bei den Puddelöfen zwischen Herd- und Rostgrösse geltend gemacht worden sind.

Das Verhalten der Kohlen auf dem Rost ist demnach von grösster Wichtigkeit und sorgfältig zu studiren, ehe man für andere Verhältnisse eine gegebene Feuerungsanlage für die eigenen Zwecke umconstruirt.

Je besser die Kohlen, d. h. je gasreicher und magerer dabei (Gaskohlen und Braunkohlen, dann langflammende Backkohlen), desto weniger bedenklich braucht man zu sein, wogegen trägere, länger im Feuer liegende, langsam entgasende Kohlen mit festgebackenen oder zerfallenden Rückständen allerlei Vorsichtsmaassregeln bedingen.

Ausser dieser Qualität kommt noch die Beschaffenheit der Kohle als Haufwerk in Betracht, um die Construktion zu beeinflussen. Stück- und Würfelkohlen werden im Allgemeinen kaum als Flammofen- oder Gasfeuerungsmaterial vorkommen, sobald sie sich als Hausbrand besser verwerthen lassen. Was den Eisenhütten gewöhnlich ausser der Cokeskohle zufällt, ist Förderkohle von ungleicher Beschaffenheit oder Gemische aller Art.

Dies muss in geeigneter Weise verbrannt werden und zwingt zunächst zur Erwägung der Frage: ob gewöhnliche, ob Gasfeuerung?

Nach diesen beiden Bezeichnungen dürfte sich auch das vorliegende Constructions- und Betriebsmaterial am besten scheiden lassen und sind demnach die Schweiss- und Wärmöfen zu classificiren in:

A. solche mit direkter Feuerung;
B. solche mit Gas- und anderen Feuerungen.

A. Schweiss- und Wärmöfen mit direkter Feuerung.

§ 777. Für diese Apparate gilt besonders die Abhängigkeit ihres Baues sowie aller Abmessungen derselben von den Einsätzen, ihrer Natur und Beschaffenheit, und die Schwankungen in Form und Grösse sind so zahlreich wie die einzelnen Arbeitsziele.

Von dem kleinsten Oefchen, in welchem Niete für die Nietpressen oder für Nietungen selber vorgewärmt werden, bis zu den Riesenapparaten, in denen die Kanonenringe der Engländer aufrechtstehend erhitzt werden, existirt eine wenig unterbrochene Kette der verschiedenartigsten Constructionen für Schweiss- und Wärmzwecke.

Wie aber schon die Bezeichnung der Grenzwerthe andeutet, arbeiten sehr viele dieser Oefen nicht im engeren Gebiet des Eisenhüttenwesens und dienen ganz bestimmten Zwecken der Metallverwerthung.

Aus diesem Grunde können sie bei der Besprechung der Constructionen nur insofern berücksichtigt werden, als sie in Einzelheiten zur Vervollständigung des Gesammtbildes beizutragen vermögen. Im Folgenden kommen dagegen wesentlich nur die bei der Verarbeitung der Rohprodukte des Eisenhüttenbetriebes zu schmiedbarem Eisen benutzten Ofenformen zur Besprechung.

§ 778. Den Ausgangspunkt bildet der gewöhnliche Schweissofen mit Planrost, wie er Decennien hindurch für die Vorbereitung des gepuddelten Rohmaterials zum Walzbetrieb in allen Stabeisen-

werken benutzt worden ist. Ein solcher, schon zur Aufnahme auch grösserer Einsätze geeigneter Ofen, dessen Construktionsskizze der Verfasser Herrn Hollenberg verdankt, ist in Fig. 119 sowohl im Aufriss wie im Grundriss deutlich und mit den wichtigsten Abmessungen dargestellt.

Das auf einem quadratischen Planrost entwickelte Kohlenfeuer tritt über eine mit Luftkühlung versehene Feuerbrücke auf einen schrägen, dabei leicht gemuldeten und nach dem Fuchse zu abfallenden Herd von halb ovaler, halb trapezförmiger Gestalt, dessen gerundeter rückseitiger Umriss durch die Rücksicht auf den vor dem Ofen stehenden Schweisser oder Wärmer bedingt ist, welcher von seinem Standort aus möglichst gleiche Entfernungen bis an die hintere Herdwand haben soll, gleichgültig durch welche der beiden Thüren.

Die gelinde Einschnürung am Fuchse soll das Feuer etwas im Ofen stauen, wie es bei den Puddelöfen auch geschieht; eine wechselnde Regulirung, wie bei den letzteren, ist dagegen als unnöthig ausgeschlossen, weshalb Schieber und Dämpfer gewöhnlich nicht existiren und nur bei Kesselanschlüssen, in Folge behördlicher Vorschriften, vorhanden sein müssen.

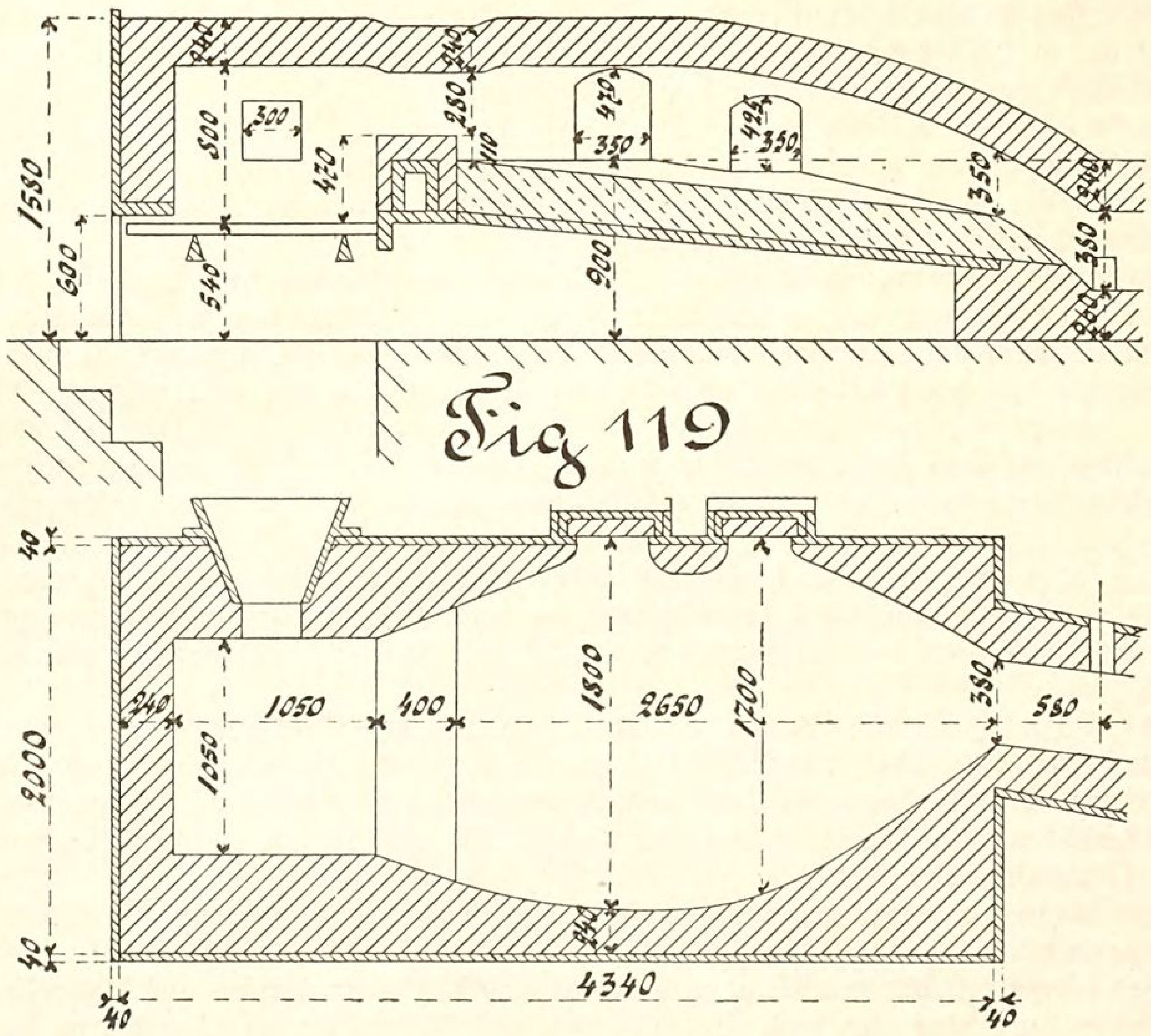


Fig. 119

Die Construktion selbst anlangend, werden derartige Schweissöfen ähnlich behandelt wie die Puddelöfen. Man steckt sie wie diese aus mehreren Gründen in eine gusseiserne oder auch blecherne (dann natürlich durch andere Theile versteifte) Hülle oder Mantel, welcher für den Kohleneinwurf wie für die Arbeitsthüren die entsprechenden Details enthalten muss.

Die Armatur oder der Mantel ist einerseits der Haltbarkeit halber da, anderseits gewährt sie durch geringere Wärmestrahlung in Folge grösserer Glätte der Oberfläche einige Vortheile gegenüber dem rohen Mauerwerk.

Im Innern sind an Eisenconstruktionen ausser einer Herdsohlplatte, die bei den Längswänden des Herdraumes und dem Fuchsunterbau aufgesattelt scheint, nur ein Winkelträger aus Gusseisen für die Feuerbrücke sowie der die Luftkühlung derselben vermittelnde U förmige Balken vorhanden, abgesehen von der Unterzugsplatte des Stirngewölbes oder der Stirnwand.

Ein Ofen von dieser Grösse genügt schon, um meterlange Stücke oder selbst längere vorzuwärmen, wenn die Querschnittsverhältnisse nicht zu sehr wachsen.

§ 779. Ganz in derselben Weise kann man auch jeden grösseren Flammofen für das Schweissen und Wärmen erbauen, indem man von der Form und Grösse der Einsätze ausgeht, danach die Grundfläche bestimmt, die der Herd mindestens haben muss, um die erforderliche Anzahl Packete, Stäbe oder Blöcke aufzunehmen und dann die Grösse des Rostes zu ermitteln sucht.

Doch ist hierbei ein Unterschied zwischen Schweiss- und Wärmofen insofern zu machen, als der Schweissofen eine ganz bestimmte, sehr hohe Temperaturleistung zu geben hat, während der Wärmofen darunter bleiben kann.

Jedenfalls würde es nicht praktisch sein, Schweisspackete zu lange im Ofen liegen zu lassen, während volle Blöcke, die nur noch der Vorwärmung bedürfen, diesen längeren Aufenthalt wohl vertragen können, da sie des Mangels der Fugen wegen nicht so stark verbrennen.

Daher haben die zum wirklichen Zusammenschweissen zu benutzenden Oefen stets einen verhältnissmässig kürzeren Herd als die Wärmöfen und dehnen sich eher in der Breite aus, so dass ähnliche Verhältnisse herauskommen wie bei dem kleinen Ofen Fig. 119.

Es darf hierbei an die zum Ausschweissen der grossen Trägerpackete seit langen Jahren in Burbach wie auch auf anderen Werken benutzten Flammöfen mit gewöhnlicher Kohlenheizung hingewiesen werden, welche eine fast quadratische, in den Ecken abgestumpfte Herdgrundrissform besitzen.

Die grösseren haben 3,5 m Herdlänge auf 3,5 m Herdbreite und werden mit einem etwa $^2/_3$ der Breite betragenden, hinlänglich tiefen Planrost geheizt. Man ist sogar bis 5 auf 5 m Herdmaass gegangen, hat dann allerdings zwei Füchse angeordnet, um das Feuer besser zu vertheilen, und ist mit der Leistung der einfachen Roste sehr zufrieden gewesen.

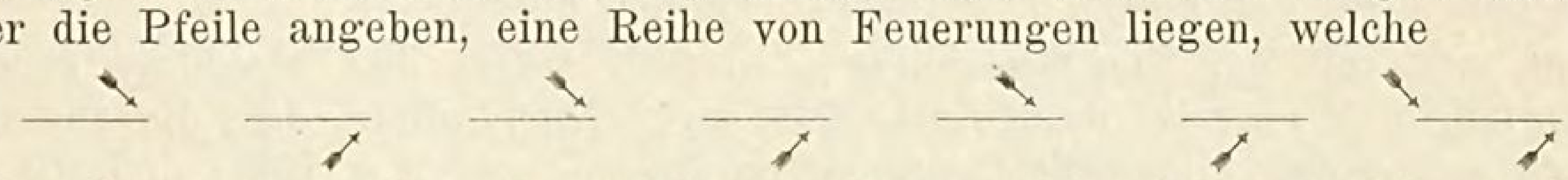
Die versuchsweise Einführung von Boëtiusgeneratoren scheiterte, wie so häufig im Anfang ihrer Verbreitung, an der Kleinheit der versuchten Generatoren.

Bezüglich der Gewölbeanordnung zieht man das Gewölbe mit gleichmässigem Fall über den Herd hinweg und nimmt bei der Bestimmung der lichten Ofenhöhe nur Rücksicht auf einen hinlänglichen Spielraum zwischen den Oberflächen der Einsätze und dem Gewölbe, um der Ofenflamme die richtige Entwickelung zu verschaffen und kein zu schnelles Durchjagen zu verursachen. Bei regelmässigen Packeten oder Materialstücken wird das Profil stets mehr oder minder dem Profil des Ofens Fig. 119 ähnlich werden.

§ 780. Sobald es sich nicht mehr um Fabrikation von currenten Stäben handelt, sondern um grosse Schweissarbeiten, hört die Rücksicht auf eine rationelle Ausbildung des Flammofenprofils auf und es entstehen nach Umständen die verschiedenartigsten Gestaltungen der Oefen. Alle diese oft etwas ausgebauchten oder die Stetigkeit ihres Profils in unerwarteter Weise unterbrechenden Construktionen lassen sich durchweg besser und gleichmässiger mit Gas heizen; da aber ihr Betrieb ein sehr unterbrochener ist und nach einmaliger Benutzung tagelange Stillstände vorkommen, während deren man den Ofen abkühlen lassen muss, so erscheint die Anlage einer Gasfeuerung kaum vortheilhaft und man zieht vor, etliche Wagen Kohlen mehr zu nehmen, um dann auch gleich von der strahlenden Hitze des Feuers Gebrauch zu machen.

Zu diesen Oefen gehören u. A. die zwei Arten von Oefen, welche zur Vorbereitung und zur Schweissung der Kanonenringe seit Jahren in Woolwich angewendet werden.

Das Material dieser Ringe, die zwei- bis vierfach übereinander das innerste Stahlrohr oder die Seele des Geschützes umgürten, ist zähes, schmiedbares Eisen und wird aus einem hinlänglich langen und dicken Stab von trapezförmigem Querschnitt durch Aufwickeln (in der Art eines Wachslichtes oder einer Wurstfeder) und nachherigem Aufeinanderschweissen gebildet. Um den oft bis 70 m langen Stab hinlänglich geschmeidig zum Wickeln zu machen, benutzt man einen sehr langen Ofen, an welchem beiderseits, wie hier die Pfeile angeben, eine Reihe von Feuerungen liegen, welche



ihre Flammen in den Ofenraum senden, in welchem mehrere solche Stäbe, welche vorher in Stücken hergestellt und in mehreren Oefen aneinandergeschweisst wurden, nebeneinander liegen.

In ähnlicher Weise wie bei der einen Radreifendarstellung durch Schweissung wickelt man nunmehr den riesigen Stab mittelst eines grossen Walzwerkes auf einen leicht konischen Dorn, so dass sich Windung an Windung die Breitfläche des Trapezes auf den Dorn legt. Es entsteht dann eine Rolle mit nach aussen klaffenden Fugen, die nach innen sich schliessen und im Interesse gesundester Schweissung diese Anordnung erhalten.

§ 781. Diese Rollen werden nun aufrechtstehend in besonderen, schrankartigen Oefen erhitzt, welche rechts und links zwei Nebenräume, Feuerung und Fuchs, haben, die, durch schräg herablaufende niedere Mauerbrücken von dem Mitteltheil getrennt, sonst in Verbindung stehen und ein Ganzes bilden.

Der Ofen steht in einer Grube auf gusseisernen Füssen und ist mit schweren Gusseisenplatten gefächerter Construktion ummantelt, während die ganze Vorderseite des schrankartigen Theiles aus einer dicken, mit Steinen gefütterten Thür besteht, die rasch mit Dampfmaschinen aufzuwinden ist, wenn die Verschlüsse und Lutirungen der Fugen entfernt sind.

Das Profil ist das eines kurzen, aber sehr hohen Flammofens, in seinen einzelnen Theilen kaum markirt durch die als Feuerbrücke und Fuchsbrücke fungirenden niedrigen Mauerrücken.

Aus der einerseits befindlichen Feuergrube von sehr starker räumlicher Entwickelung (allerdings aber auch auf den ausschliesslichen Gebrauch der allerbesten Flammkohlen eingerichtet) steigt die Feuerwand zuerst senkrecht, dann in immer noch steiler Neigung über dem Feuer fortziehend nach dem Feuerbrückenmittel und geht dort unmittelbar in die Gewölbecurve des Hauptofentheils, des Herdes, auf dem der zusammenzuschweissende Hohlblock, die Rolle oder der Wickel steht, über.

Auf der anderen Seite, in dem Fuchsbrückenmittel, fällt das Gewölbe wieder ebenso rasch in die Fuchswand des Ofens herab und das Ganze hat in der Höhe fast dieselbe Grössenentwickelung wie in der Ebene der Feuerrichtung.

Dass ein solcher Apparat auch hauptsächlich durch Strahlung wirken muss, und dass es im Interesse der möglichst zu hemmenden Oxydation sehr schwer, wenn nicht ganz unmöglich ist, eine andere als eine reichliche und direkte Steinkohlenbefeuerung anzuwenden, ist einleuchtend.

Der besondere artilleristische Zweck der Arbeit gestattet ja das Verlassen des gewöhnlichen wirthschaftlichen Standpunktes, und gegenüber einem so bestimmt gesteckten Ziel darf zunächst nicht nach möglichsten Ersparnissen, sondern nach absolutester Sicherheit bezüglich der Erreichung dieses Zieles gestrebt werden.

Ist der Wurf gelungen, so ergibt sich von selbst bei wiederholter praktischer Bethätigung die Gelegenheit zu ökonomischerer Ausgestaltung.

Hiernach muss man auch den Abbrand beurtheilen, der in Form geschmolzenen oxydulreichen Glühspans in vollständigen Strömen aus allen Schlackenstichen des Herdes läuft und welcher die zu seiner Aufnahme speciell vorgesehene tiefe Grube, in welcher der Ofen auf seinen Elephantenfüssen steht, oft ganz anfüllt.

§ 782. Aehnliche colossale Oefen, doch anders gestaltet, wendet man zu Schweissarbeiten für maritime Zwecke an, soweit hier nicht das Flusseisen, besonders der Façonguss, als Ersatz eingetreten ist.

Soweit aber noch Eisenschrot zur Schweissung kommt, arbeitet man mehr und mehr mit Gasöfen Siemens'scher Construktion und kann dabei weit grössere Räume durchgehends gleichmässig erhitzen, als es mit gewöhnlicher Kohlenfeuerung möglich ist. Auch das Vorwärmen der halbfertigen Stücke dieser Art und Bestimmung geschieht jetzt vorwiegend mit Gas und soll daher späterhin erwähnt werden.

Als ein für unsere Betriebe wirklich wichtiges Beispiel grosser direkter Feuerung bleiben diejenigen Oefen zurück, welche Flusseisenblöcke zur currenten Schienenfabrikation vorbereiten, und die man aus Vorsicht und um jede Oxydation zu vermeiden, mit Steinkohlen betreibt und heizt.

Der in den Oefen stattfindenden Betriebsbewegung halber bezeichnet man sie auch als Rollöfen und ruft durch diese Gegenbewegung von Einsatz und Verbrennungsverlauf eine sehr weitgehende Ausnutzung von Apparat und von Brennmaterial hervor. (Vgl. die Angaben § 774, S. 692.)

§ 783. Ein solcher Wärmofen für Stahlschienenblöcke unter Anwendung von Rostfeuerung ist auf Taf. XXXII dargestellt, wie er in Westfalen sowie in verschiedenen anderen Bezirken üblich ist. Derselbe besteht aus einem vom Fusse nach vorn hin gleichmässig abfallenden Herd, nebst darüber gespanntem einfachen Gewölbe, an dem sich die Feuerung in Form einer Planrostanlage, nur getrennt durch eine hohe und starke Feuerbrücke einfach anschliesst.

Beginnt man mit der Feuerungsanlage, so fällt sofort der Abschluss derselben gegen jeden nicht beabsichtigten, d. h. unfreiwilligen Luftzutritt auf. Nicht allein, dass die aus einer unterirdischen, zum Wegräumen der Asche hinlänglich geräumigen Rösche von 2 m Höhe und 2,5 m Breite unter die Roste strömende Luft auf das Sorgfältigste gedrosselt werden kann, indem man eine aus dem Eisenbelag des Bodens hervortretende Stange mittelst eines Schlüssels oder einer Kurbel dreht und dadurch ein Oeffnen, bezw. Schliessen der Schieberthür im Kanal nach dem Aschenfall bewirkt: nein, auch noch der nothwendige Zugang zu den Rosten behufs Putzen und Reinigen derselben ist durch eine herabfallende Klappe verschlossen und dieser Verschluss wird durch den Druck eines Gegengewichts an der obersten Hebelverbindung noch verstärkt, bezw. gesichert.

Die Kohleneinwurföffnung ist nur auf einer Seite vorhanden und bedeckt den Rost aus nicht zu grosser Höhe, so dass keine starke Schüttung möglich ist. Der Herd des Ofens, welcher gleich hinter der ersten Arbeitsthür zu steigen beginnt, ist durch eine grosse Anzahl von beiderseits sich wiederholenden Thüren zugänglich und es sind deren im Ganzen 12 an der Zahl.

Die Reihe beginnt an der Feuerbrücke mit einer grösseren Thür zum Ziehen der fertigen Blöcke, wobei, wie aus dem Grundriss Fig. 9 zu ersehen, die eigentliche Ziehseite der Kohleneinwurfsseite entgegengesetzt angeordnet ist, um reinere Arbeit und mehr Raum zu haben. Man erkennt die Ziehseite an der vor der Thür befindlichen Rolle der Schwelle, zur Erleichterung des Gleitens der Stücke bestimmt.

Auf diese Thür folgen vier Arbeitsthüren in gegenseitig gleichen Abständen (800 mm), durch welche das Wenden und Voranschieben der Blöcke geschieht, nach Maassgabe der erfolgten Entleerung des Raumes hinter der Feuerbrücke.

Dann folgt wieder eine grössere Thür in den Abmessungen der Ziehthüre. Es ist dies eine Einsatzthür für bereits glühende, d. h. von der Fabrikation glühend angelieferte Blöcke, welche hier in den Ofen müssen, weil sie mit dessen Temperatur übereinstimmen, mindestens nicht heisser sind als diese ganze Ofenzone.

Gezogen wird hier keineswegs, darauf deutet die Abwesenheit jeder Schwellenrolle. Es folgen nun noch jederseits 6 Arbeitsthüren, um das Voranbewegen der Einsätze, welche in diesem etwas kühleren Theil des Ofens auf zwei Schwellen sich bewegen, zu bewirken.

Die eigentliche Beladung des Ofens mit kalten Blöcken erfolgt am Ende, wo auf der Schmalseite des Apparates eine breite Thür, deren Detail aus Fig. 6 hervorgeht, angebracht ist und die Blöcke in ihrer ganzen Länge in den Ofen gelangen lässt, nachdem sie von dem Plattenwagen auf die Schwelle geschoben worden sind. (Vergl. auch die rechte Seite des Längenprofils Fig. 1.) Rechts und links von dieser Thür tritt das Feuer, d. h. die Gase durch zwei sich später wieder vereinigende Füchse nach unten.

§ 784. Die Armatur und sonstige Ausrüstung des Ofens bietet ein Bild der Sorgfalt wie sie für so angestrengte Apparate durchweg zu empfehlen ist.

Zunächst ist bezüglich der Lage des Ofenprofils im Verhältniss zur Hüttensohle zu bemerken, dass die niedrigste Stelle des Herdes, wo die Blöcke gezogen werden, 600 mm über der Hüttensohle bleibt, wodurch die höchste Stelle des Herdes, die Schwelle, schliesslich 1,550 m Höhe erreicht.

Da dieses Niveau schon für die Arbeitsthüren der anderen Ofenhälfte Unbequemlichkeiten im Gefolge haben würde, umgibt man die Oefen mit einer allmälig so ansteigenden Sohle, dass die Thürschwellen dann 75 mm darüberliegen, während auf der Rückseite, wo der Blockwagen vorfährt, ein Verticalabstand von 900 mm sich findet.

Die Armatur macht diese Steigung insofern mit, als die Fundamentblöcke der Hauptverankerungen in verschiedener Höhe im Boden stehen und als die gewöhnlichen Verkleidungsplatten und Thürstöcke unten auf der Schräge der ansteigenden Sohle genau aufsitzen.

Der Feuerraum wird ausserhalb des Einwurfs durch zwei kräftige, aus gekuppelten Stahlschienen bestehenden Verankerungen, deren Querstücke durch Zuganker mit Muttern und Splinten, sowohl unmittelbar unter der Bodenlinie, wie über der Plattenverkleidung des Mauerwerks gegenseitig verbunden sind.

Eine ähnliche Verankerung wiederholt sich längs des Ofens noch viermal, hat aber nicht allein den Zweck mehr zu erfüllen, die Längswände gegenseitig zusammenzuhalten, sondern muss auch als Stützen der Thürenaufzüge dienen. Aus der Seitenansicht Fig. 5 geht der Aufbau der Vorrichtung deutlich hervor, während die Querprofile nach *E—F* und *G—H* Fig. 2 weiter zur Aufklärung beitragen.

Die starke Belastung, welche aus dem vereinten Zweck hervorgeht, verlangt nunmehr eine Fundamentirung. Dieselbe besteht für jede der acht Stützen aus einem Mauerwürfel, auf dem durch besondere Verschraubungen starke Fundamentplatten aufgezogen sind. Die obere derselben ist ausgeschnitten und umfasst das untere gerade abgeschnittene Ende der zur Stütze gekuppelten Schienen. Die Würfel der zwei letzten Stützen sind zur Materialersparniss etwas höher gelegt als die des heissesten Ofentheils; sie folgen darin der ansteigenden Hüttensohle.

Die gegenseitige Verbindung der Querstücke erfolgt wie bei dem ersten Plan durch Zuganker mit Mutter und Splint, sowohl knapp unter der Sohle wie auch über dem Gewölbe.

Diese sämmtlichen Stützen enden in einer Höhe, etwa 2,600 m über der ursprünglichen Hüttensohle und tragen mittelst gusseiserner Consolstücke zwei lange Doppel-**T**-Träger von 375 mm Höhe, welche gegenseitig durch drei Querstücke, ebenfalls von Doppel-**T**-Form verbunden und versteift sind.

An diesen Längsträgern sitzen in der Fig. 4 angedeuteten Weise die gusseisernen Rollenaxlager für die Thüren und gestatten das Aufziehen in der bequemsten Weise.

Der Rest der Armatur besteht wie leicht zu erkennen ist, aus Thürzargenplatten und, soweit die vorbeschriebenen Gerüststücke die Funktion nicht mit übernehmen, aus doppel-**U**-förmigen Ankerstücken, oben und unten durch ein Zugeisen gegenseitig verbunden, mit den Zargenplatten aber durch in der Zeichnung fortgelassene Verschraubungen vereinigt und eine allseitige genügende Umschliessung des langgestreckten Ofenkörpers bildend. (Originalmittheilung der betreffenden Generaldirektion.)

B. Schweiss- und Wärmöfen mit Gasfeuerung.

§ 785. Der früher gegebenen Unterscheidung nach sind hier wesentlich zweierlei Principien zu besprechen, welche für die Ausführung der Gasfeuerung maassgebend bleiben:

Gasfeuerungen mit partieller Aufsaugung der Wärme oder sogenannte Halbgasfeuerungen;

Gasfeuerungen mit vollständiger Aufsaugung der Abhitze oder Regeneration, sowohl für Gas als für Luft: vollkommene Gasfeuerungen.

Die beigegebenen Benennungen: Halb- und vollkommene Gasfeuerungen sollen um Alles nicht eine Kritik aussprechen, sondern nur eine Unterscheidung begründen; es ist hinlänglich bekannt und erwiesen, dass das Auftreten gerade der Halbgasfeuerungen sehr viel dazu beigetragen hat, das Gasfeuer an sich beliebter und verbreiteter zu machen, während die Oefen mit vollkommener Wärmespeicherung, die Siemensöfen, neben sehr grossen Leistungen auch wieder erhebliche Mehrkosten in der anfänglichen Anlage, wie auch in der Unterhaltung boten.

Es muss hierbei auf das zurückverwiesen werden, was betreffs der Puddelofenfeuerungen ausführlich entwickelt worden ist. Hierunter folgen eine Reihe von ausgeführten Feuerungsanlagen verschiedenster Systeme, die das im Allgemeinen Vorgetragene in praktischer Richtung illustriren sollen.

§ 786. Feuerungsanlagen nach dem Boëtius'schen System. Wie bekannt, ist das Boëtius'sche System aus dem Bestreben hervorgegangen, den Umbau älterer Anlagen zu Gasfeuerungen zu erleichtern und doch eine möglichst starke Wiedergewinnung der Abhitze zu versuchen.

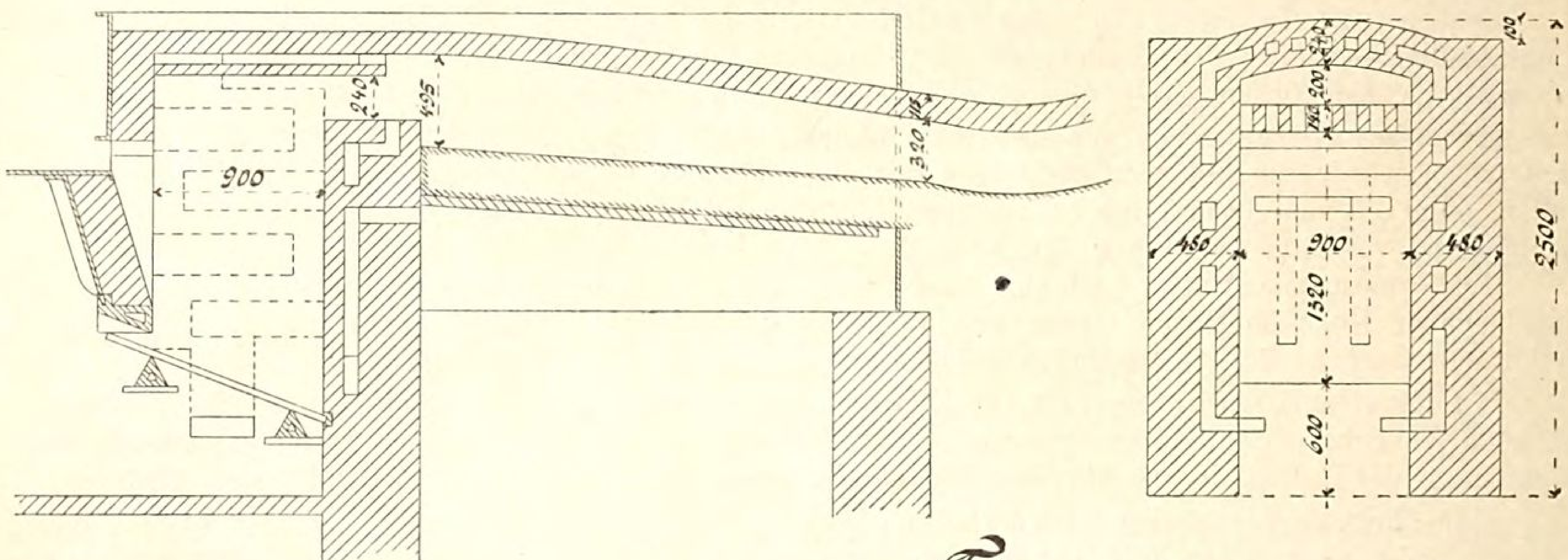
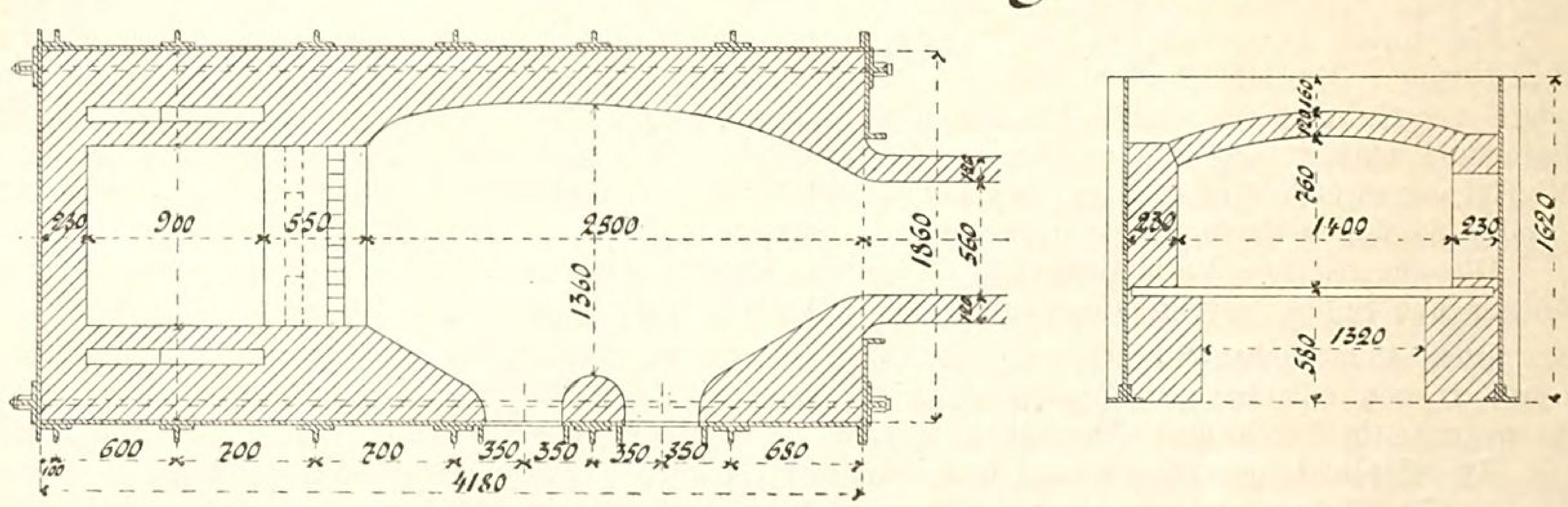
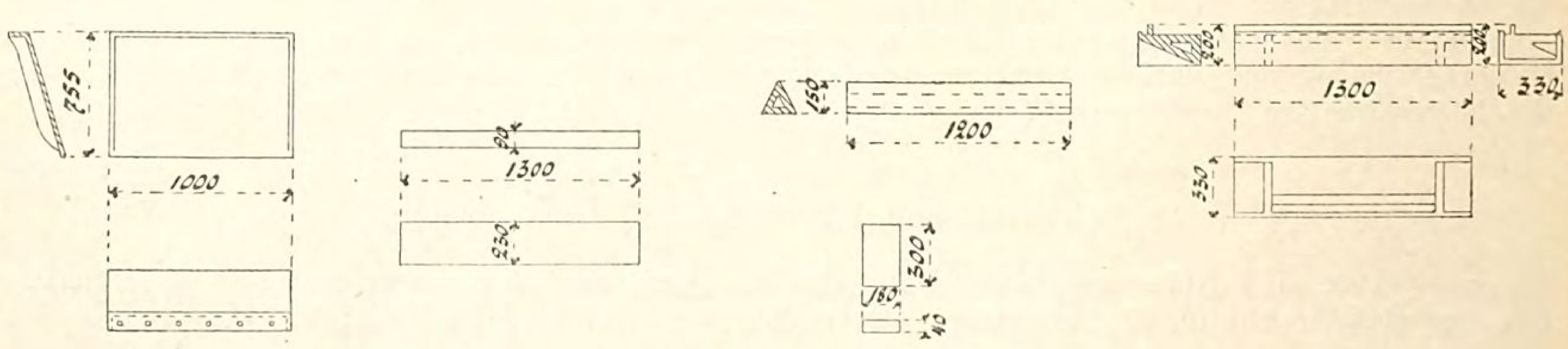


Fig 120





Die Publikationen aus dem Jahre 1869 lassen vor Allem die Nutzanwendung auf den Puddelofen erkennen, doch lag auf der Hand, dass, einmal der Anfang mit der Einführung gemacht, auch der Schweissofen von der neuen Construktion Vortheil ziehen musste.

In Fig. 120 und 120a ist eine derartige Feuerungsanlage für gewöhnliche, d. h. kleinere Schweissofenverhältnisse dargestellt und auch in ihren sämmtlichen Details wiedergegeben.

In gewöhnlicher Breite schliesst sich die Feuerungsanlage, der Generator, an den Ofen selbst an, die horizontalen Abmessungen betragen 900 × 900 mm. Nur nach der Tiefe zu entwickelt sich der Schacht zu grösserer Ausdehnung und dürfte der Rost im Mittel wohl nicht höher als ca. 1,350 m unter der Feuerbrückenfläche liegen. Der Rost besteht aus einem ziemlich steilen Theil, vom Einwurf an bis zum Beginn des ziemlich schrägliegenden Planrostes.

Dieser massive Theil des Rostes ruht wesentlich auf dem dreikantigen starken Träger mit Luftkanal, der beiderseits im Mauerwerk der Längswände 200 mm aufgesattelt ist und an den sich die schräge mit Flanschen versehene Bekleidungsplatte anschliesst, die bis zum Einwurf hinaufreicht.

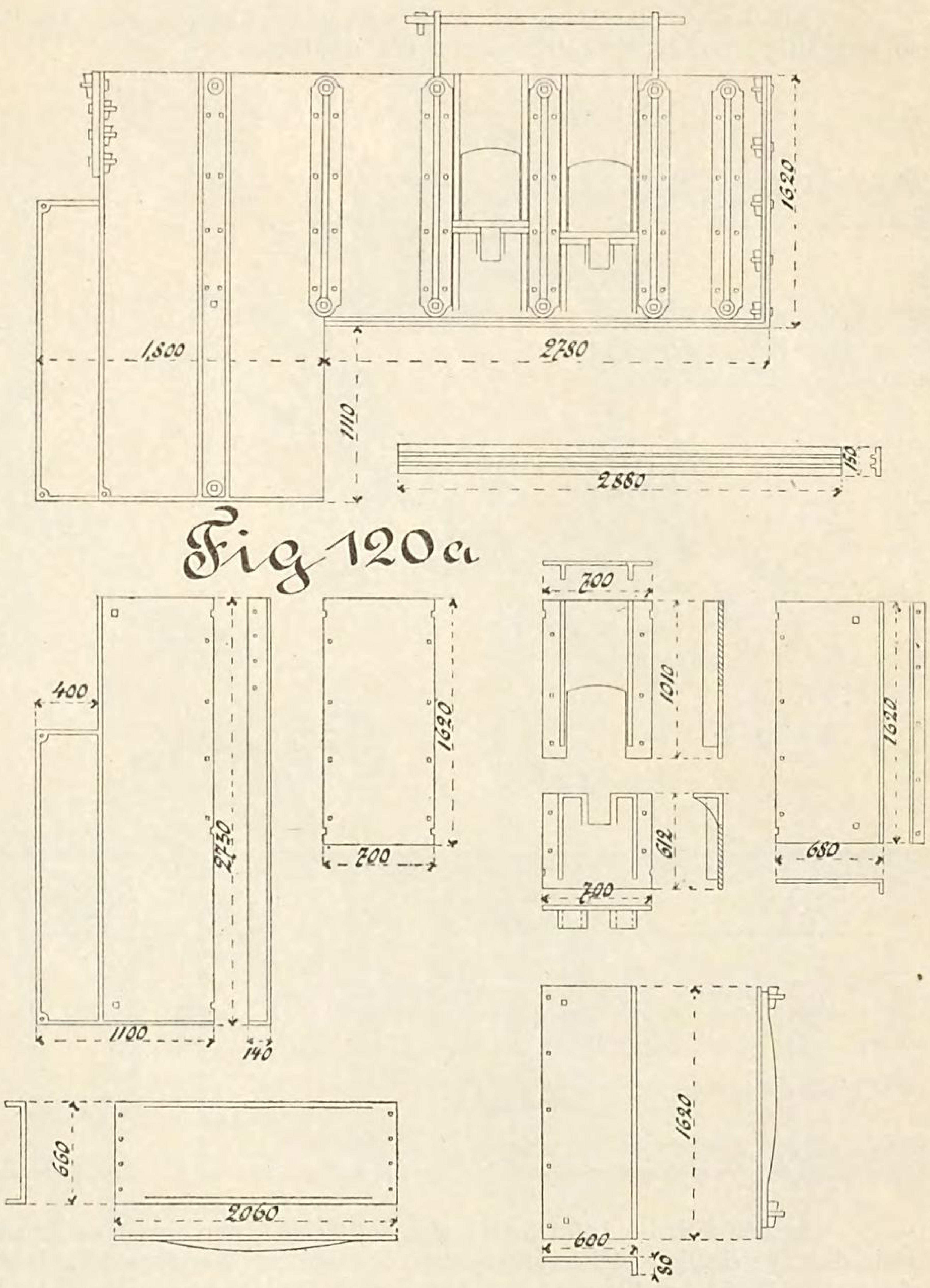
Der Rost selbst, aus Quadrateisen bestehend, ruht ausser auf dem hohlen dreikantigen Balken in einer rinnenförmigen Nuth der Feuerbrückenwand, in die sich die Enden der Stäbe einstemmen.

§ 787. Die entwickelten Gase des Feuerraums mit seiner hohen und dichten Beschickung, treffen nunmehr beim Eintreten in den Herdraum die von zwei Seiten fortdauernd vorgewärmte Verbrennungsluft.

Zunächst tritt unter dem Rost jederseits ein Luftstrahl breit und niedrig in die hinlänglich stark angeordneten Seitenwände des Feuerraums, und geht, langsam zickzackförmig hin- und hergezogen, nach dem Gewölbe über dem Feuerraum, wo sich eine Reihe Ausströmungsöffnungen über der zweiten Hälfte der Feuerbrücke finden.

Wie aus dem Querprofile des Feuerraums hervorgeht, hat derselbe Wände von doppelter Steinstärke und bildet jedenfalls die äussere Steindicke eine in sich geschlossene und von dem feuerfesten Innentheil abgetrennte Constructionspartie.

Das feuerfeste Innentheil besteht dagegen wiederum aus zwei Halbsteindicken, von denen der innere Mauertheil für sich eine feste, möglichst undurchdringbare Wand bildet. Zwischen dieser und der steindicken Aussenmauer liegt, mit jener in solidem Querverband, das zur Lufterwärmung vorgesehene Kanalsystem. Ein Lecken desselben nach Innen zu ist weniger schlimm als Gasverlust nach Aussen, wesshalb man es, wie hier geschehen, praktischer Weise in feuerfestem Futter unterbringt und nach Aussen durch die Aussenwand glatt abschliesst, welche dann ausserhalb der bedenklichen Temperaturzonen wohl im Verband mit dem Innern stehen mag, nicht aber im Bereich der Züge.



Ein zweiter oder vielmehr dritter Luftstrang gelangt sowohl von der Seite her, als auch von dem Raum unter der Herdunterzugsplatte in die Feuerbrückenwand, geht dort in die Höhe, vertheilt sich und geht dann durch eine Reihe von Schlitzen ins Innere. Ihre Anordnung ist im Querprofil des Feuerschachtes durch Schraffur erläutert, während der Rost der Feuerwand ohne Schraffur geblieben. Aus den sonstigen, im Original nicht ganz vollständigen Linienangaben, die zu ergänzen vermieden worden ist, sieht jeder Unbefangene, dass ein hoher Kanal in der Nähe der Roststabenden die Feuerbrückenwand durchbricht und von einer Langseite des Ofens zur andern führt. In der Fig. 120a gegebenen Armaturzeichnung muss in dem links befindlichen längeren Theil eine entsprechende Durchbrechung

(etwa rechts neben der Ziffer 1,800) vorhanden sein, dass die Luft einströmen kann. Von diesem Sohlenkanal aus tritt die Luft in drei breiten Zügen, durch die im Querprofil punktirten Zungen getrennt, nach oben, gelangt in einen Querkanal, woselbst auch die Luft unter dem Herd hervor zuzieht und dann zum letzten Querkanal unter den Ausströmungsöffnungen.

Die übrigen Details sind wohl ohne Weiteres verständlich; aus den Armaturskizzen Fig. 120a geht hervor, dass für eine sehr vollständige Ummantelung Sorge getragen worden ist und dass durch Fächerungen, Flanschen sowie auch durch aufgelegte Ankerplatten und andere Versteifungsmittel die thunlichste Unbeweglichkeit der ganzen mit dem Ofen selbst einen Körper bildenden Feuerungsanlage gesichert wurde.

Ein Lecken der Gase etc. nach aussen ist dadurch auch möglichst verhindert und man kann so sorgfältig durchgeführte Ofenmäntel nur empfehlen.

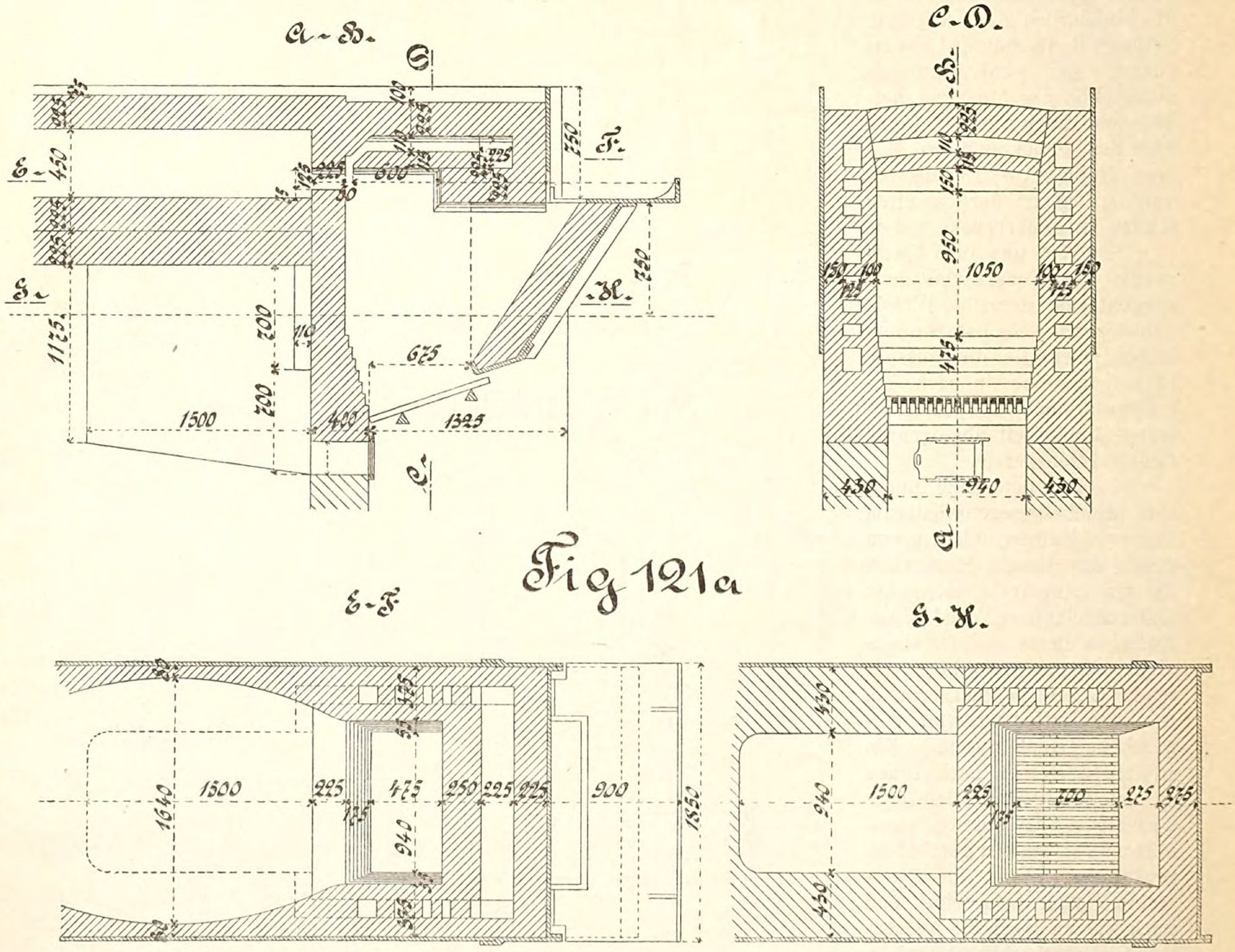


Fig 121a

In den Skizzen 120a finden sich die meisten der einzelnen Armaturplatten genau aufgezeichnet, auch die zweitheiligen Thürzargenplatten, wobei zu bemerken ist, dass wegen Dossirung des Herdes die zweite Thürschwelle etwas niedriger zu liegen kommen muss als die erste. Durch verschiedenes Abdämmen desselben Modells auf dem Giessereiherde lässt sich jede derartige Abweichung leicht und bequem ausführen. Die beiden untersten Platten der Skizze sind: links die Ofenverkleidung über dem Einwurfe auf der Schmalseite des Ofens — rechts die Ofenplatten am Fuchsstosse, rechts und links vom Fuchskanal. Dann schliesst sich das Profil der in der obersten Figur wiederholt in Frontansicht wiedergegebenen Ankerplatten, über den Fugen der Verkleidungen.

§ 788. Eine noch etwas ausgiebigere Ausführung des Boëtius'schen Wärmespeicher- oder Ueberführungssystems zeigen die beiden Ausführungen Fig. 121a und 121b, welche der rheinisch-westfälischen Praxis zu verdanken sind, wie auch das vorhergehende Beispiel.

Hier tritt namentlich der Raum unter dem Herde stärker in Mitwirkung und steht mit den sämmtlichen Kanalsystemen der Luftvorwärmung in offenster Verbindung.

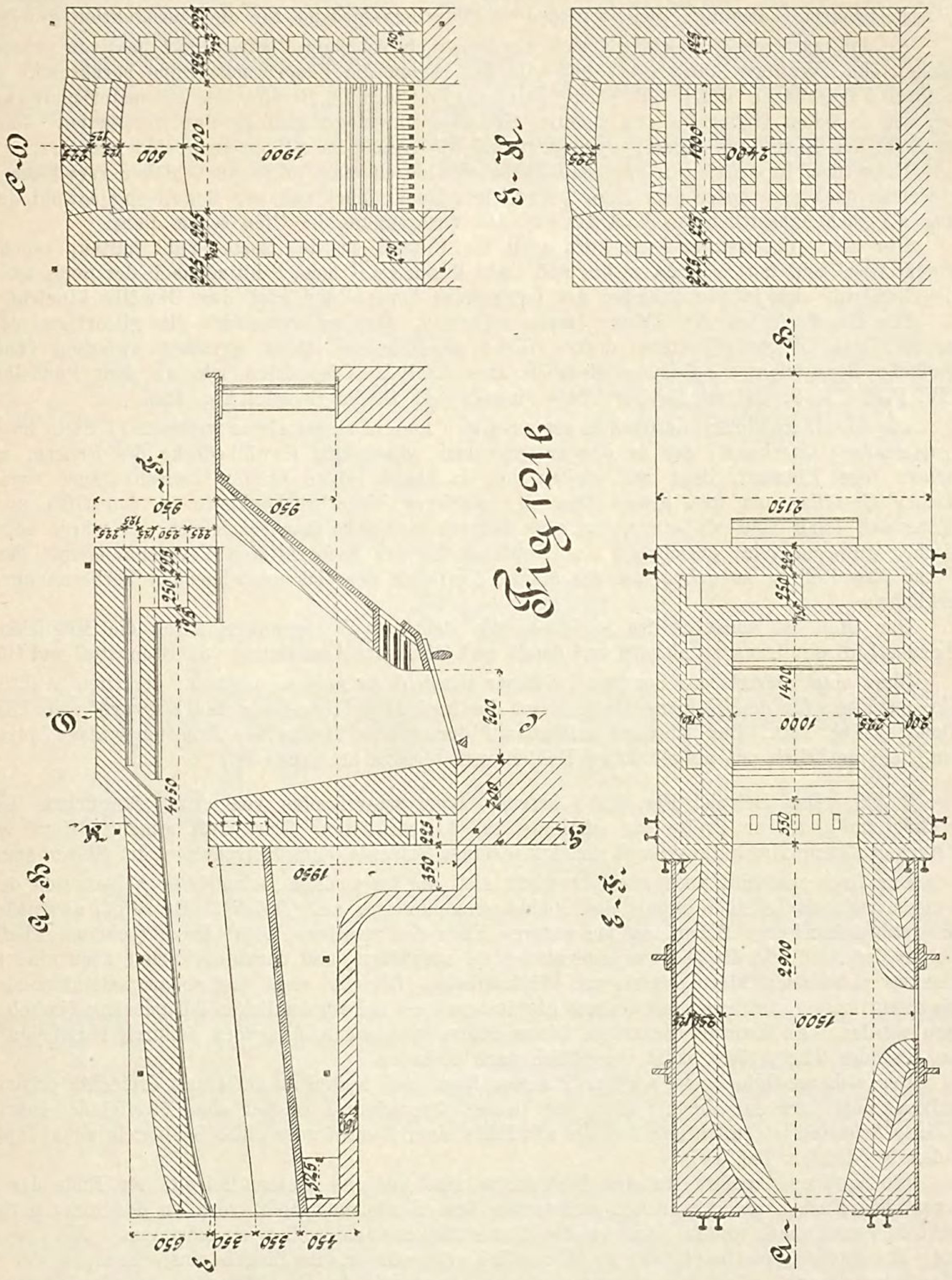


Fig. 1216.

Das erste beider Beispiele zeigt einen kurzen, breiten Flammofen, dessen Thür am Fuchsende angebracht zu sein scheint, also ein Wärm- und Glühofen mehr als ein Schweissofen. Darauf deutet die Herdlänge von nur 1,500 m im Gegensatz zur Breite von 1640 m, die sich aus den eingeschriebenen Maassen ergeben.

Die Rostbauart ist minder steil als bei dem Ofen Fig. 120; der undurchbrochene massive Rosttheil, ähnlich von Platten und Trägern unterstützt und nach aussen abgegrenzt wie vorher beschrieben, hat eine bedeutend geringere Steilheit und scheint mehr auf normale, d. h. nicht backende Gaskohlen construirt zu sein. Es können aber, und darauf deutet die Grösse des Generators im Gegensatz zum Ofen, auch gasarme, ebenfalls nicht backende Kohlen maassgebend für die Construktion gewesen sein.

An den massiven Rost schliesst sich wie immer ein schräger Planrost, auf massiven prismatischen Rostbalken ohne Weiteres aufgelagert und mit den Enden die Feuerbrückenwand berührend. Dieselbe ist in ihrer Vorderfläche nicht vollkommen senkrecht, sondern im Bereich der Brennstoffschüttung etwas dossirt, wie es schon früher bei den anderen Generatoren gelegentlich gezeigt worden ist. Der Druck in der Ecke des Rostes ist dadurch gemindert und die Arbeit im Allgemeinen eine leichtere.

Unter dem Rostende entdeckt man leicht eine durch einen eisernen Schieber verschlossene Oeffnung, welche nach dem unter dem Herd befindlichen Raum führt und zur Regulirung sowohl der Herdkühlung als auch namentlich des Luftzuflusses zur Verbrennung im Ofen selbst dient.

Die hier eingetretene Luft hilft auch die Unterfläche des Rostes kühl halten, sammelt sich unter dem Herd und tritt von da rechts und links durch zwei hohe Schlitze nach der Seite und in das Kanalsystem, was sich in den Wänden der Feuergrube herauf- und nach dem Gewölbe hinzieht.

Die Durchschnitte der Skizze lassen erkennen, dass es wesentlich ein gitterförmiges Kanalsystem ist, was in der $1^1/_2$ Steine dicken Wand ungefähr im Mittel derselben zwischen Innen- und Aussenfläche heraufzieht. Es ist schliesslich eine ähnliche Disposition wie an dem Puddelofen der Taf. IV, Fig. 1 u. 2, und minder vorsichtig eingekapselt als im Beispiel Fig. 120.

Die soweit geführten Luftströme sammeln sich nun in einem etwas weiteren (1 Stein im Quadrat etwa messenden) Querkanal, der in der entsprechend verstärkten Gewölbedecke des Feuers, unmittelbar hinter dem Einwurf, liegt und ziehen von da aus in einen breiten Zwischenraum zweier concentrischer Gewölbe, um fast genau über der vorderen Feuerbrückenkante in den Ofen zu treten. Das Feuerloch kann man als etwas eng und dadurch wenig haltbar bezeichnen; es würde entschieden praktischer gewesen sein, gerade an der Zutrittsstelle der hocherhitzten Verbrennungsluft dem Ofenraum eine Erweiterung zu geben, um das starke Anprallen der sich ausdehnenden Verbrennungssphären zu verhindern.

Der Ofen ist sonst gewiss geeignet, die richtigste Verbrennung durch die Möglichkeit entsprechender Luftregulirung zu sichern und damit auch die beste Ausnutzung von Brennstoff und Ofenraum.

Ohne eine übertriebene Sorgfalt in dieser Hinsicht zu zeigen, erscheint der Ofen praktisch und gut eingemantelt; für den Kohlenvorrath bietet die tischartige Umgebung des Einwurfs mehr Raum als das Beispiel Fig. 120. Der Einwurf erfolgt auf der ganzen Breite der Feuerungsanlage durch eine Oeffnung, die natürlich mit aufgehäuften Kohlen verschlossen zu halten ist.

§ 789. Das Beispiel Fig. 121b betrifft einen Schweissofen von etwas länglichem Herd mit einer Thür und geringer Breite für mittleres und kleines Eisen. Der sanft geneigte Herd wird auf einer starken Eisenplatte aufgestampft und ist in seiner Falllinie (ohne Schraffur) in der Skizze angedeutet.

Der Rost erscheint noch etwas weniger steil als im vorigen Beispiel, er nähert sich der allerdings noch weit flacheren Neigung des Puddelofengenerators auf Taf. VI. Er zeigt, abweichend von den bis jetzt behandelten Beispielen, am unteren Ende des massiven, nicht durchbrochenen Theiles drei Staffeln in der Art, wie die Siemensgeneratoren sie aufweisen, und darunter kommt noch eine in ihrer Bestimmung nicht recht klare gusseiserne Winkelplatte. Dieselbe sieht fast so aus, als hätte sie früher den bis dahin massiv verbliebenen Oberrost gestützt und sei bei der baulichen Abänderung einfach stecken gelassen worden. Es kommen derartige Dinge öfters vor, wenn Ausgaben dadurch vermieden werden können, und der Theoretiker sucht vergeblich nach Gründen.

Der sich anschliessende schräge Planrost liegt nach hinten zu auf einem dreieckig prismatischen Rostbalken, nach vorn auf einem Balken von ovalem Querschnitt, welcher ohne Zweifel der integrirende Theil einer Schüttelrostvorrichtung ist, die mit Hilfe einer Kurbel oder eines Schlüssels gehandhabt wird. (Vgl. den Puddelofen Taf. IV.)

Die Verbrennungsluft für das Ofeninnere tritt nun bei diesem Beispiel am Ende des Herdes, kurz vor dem Fuchs, ein, verbreitet sich unter dem Herde und zieht vorn an der inneren Seite der Feuerbrückenwand nach unten, um in die Feuerbrückenwand selbst einzudringen. Ein im Längsprofil *A—B* sowohl als im Querschnitt *G—H* deutlich erkennbarer, eine Ziegelsteinstärke messender Sammel- und Vertheilungskanal leitet die eingesaugte Luft einestheils in die Gitterzüge der Feuerbrückenwand, aus denen sie durch eine Reihe von Schlitzen in das Ofeninnere treten können, während anderentheils eine Weiterleitung der Luft nach den beiden Seitenwänden des Feuerraums stattfindet, wo sie ebenfalls Gitterkanäle durchströmt.

Diese Kanäle sind wieder in ganz ähnlicher Weise disponirt wie im vorigen Beispiel; sie liegen auch hier ungefähr im Wandmittel und scheinen jederseits noch etwa ihre doppelte Weite an Material zu haben.

Ein Sammelkanal am Kopfende des Ofens, d. h. hinter dem Einwurf, ganz ähnlich wie vorhin, vereinigt die verzettelten Luftströme und nutzt gleichzeitig diesen unbedingt heissesten Theil des Ofenmauerwerkes aus.

Die Luft strömt nunmehr zwischen den beiden concentrischen Gewölbedecken des Feuerraums nach vorn hin und tritt durch die entsprechende Oeffnung in das Feuerloch des Ofens, gerade über der vorderen Feuerbrückenkante.

Die Ausrüstung des Ofens bietet nichts Besonderes: Generator und Ofen sind in der Ummantelung und Verankerung unabhängiger als in den vorherigen Beispielen und man kann deutlich sehen, dass der Generator hier später an den Ofen angebaut worden ist.

Der Tisch um den Einwurf ist geräumiger als in den beiden Fällen Fig. 120 und 121a; zu seiner Abstützung sind Säulen unter beiden Ecken angeordnet, die sich auf die Abschlusswand der

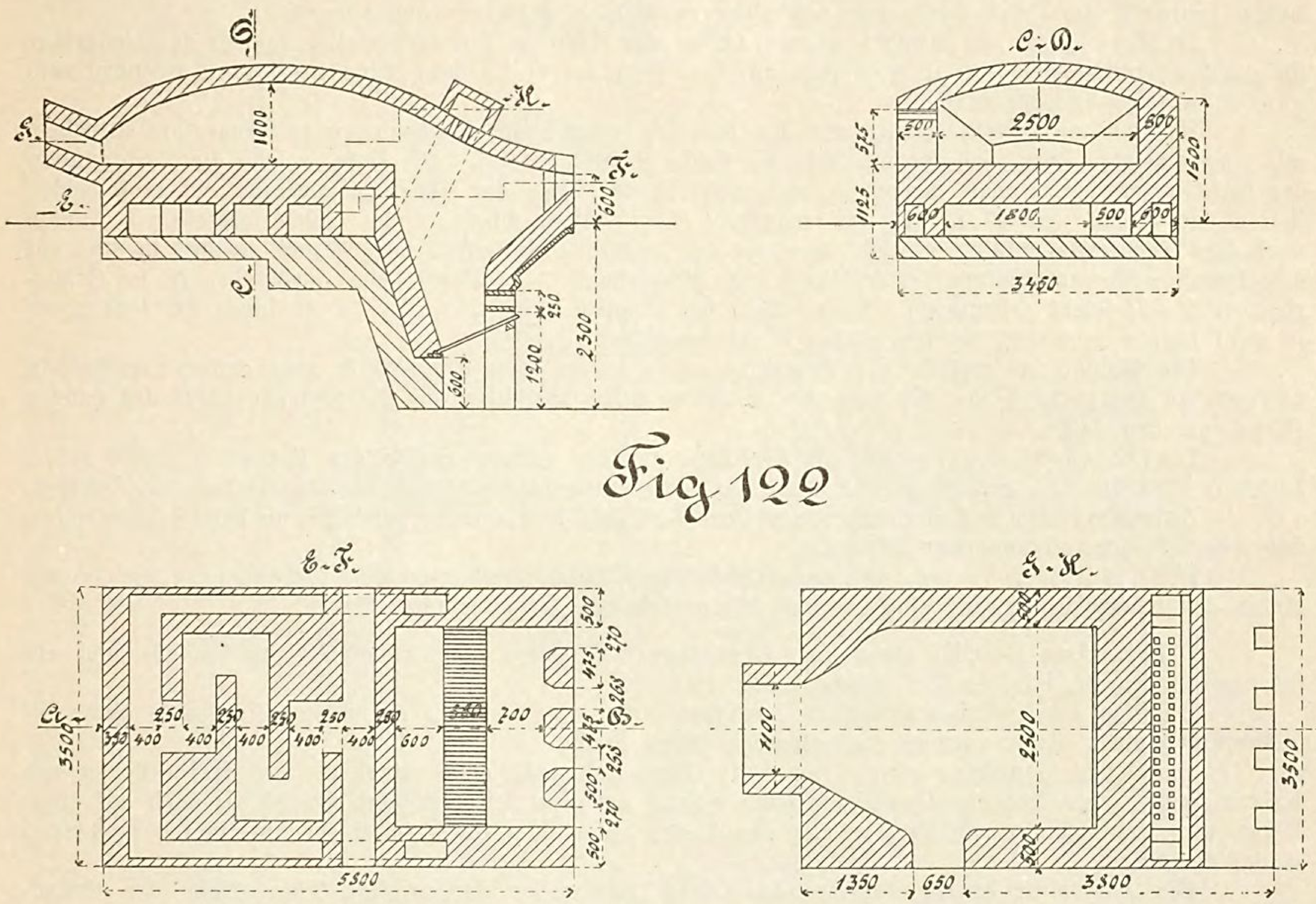


Fig. 122

Aschengrube stützen. Der Einwurf hat auch hier die ganze Breite des Generators und ein Verschluss ist ebensowenig vorhanden als bei den früheren Beispielen.

Diese Beispiele mögen genügen, um die Anwendung des Boëtius'schen Systems der Luftvorwärmung (Wände des Feuerkastens) auf Schweissöfen klarzulegen. Ueber gewisse Abmessungen hinaus sind solche Construktionen nicht mehr vortheilhaft und müssen ganz anderen geräumigeren Wärmeübertragungen Platz machen.

§ 790. Nach der gedachten Richtung hat sich besonders die mit dem Namen Bicheroux verknüpfte Construktion der Halbgasfeuerungen weiteste Bahnen gebrochen und auch die Gebiete des Schweissofens erobert, nachdem sie den Puddelofen sich ganz zu eigen gemacht hatte.

Das Princip brach allerdings vollständig mit dem noch von Boëtius aufgestellten Grundsatz, den Generator, wenn irgend möglich, in die Umrisse der alten Feuerung einzuzwängen und von der Einrichtung, namentlich den Armaturen der alten Oefen, zu retten und zu benutzen, was möglich war.

Dadurch entging das Bicherouxsystem bekanntlich dem Schicksal, welches die Einführung der Boëtiusfeuerung so vielfach ereilte, dass die Wärmeaufgaben nicht vollkommen gelöst werden konnten und man vor der weiteren Verwendung zurückschreckte.

Man trennte den Generator, wenn es nicht anders ging, gänzlich von dem Ofen und verband beide nur da in engerem Maasse, wo Platz war und die übrigen Umstände dem Zusammenschieben günstig schienen.

Dadurch bekam man vor Allem freie Hand in der Dimensionirung des Generators und konnte ihn jedem Brennstoff entsprechend einrichten, um auch für die trägsten Verhältnisse das ruhige Brennen zu sichern.

Durch entsprechende Verbreiterung der Feuerungsanlage gelangte man ganz von selbst zu der Praxis wechselnder Beschüttung und gleichmässigster Gasbeschaffenheit. Dadurch wurde alle Hast und Unruhe beim Schüren, alle Unterbrechung der Vollleistung durch Kohlenaufwurf etc. auf ein Minimum gebracht, und diese Beweglichkeit in der Dimensionirung der Feuerungsanlage wurde nur noch durch die Freiheit übertroffen, mit welcher man Generator und Ofen gegenseitig stellte.

Die folgenden Beispiele, allesammt der neueren Praxis entnommen, zeigen, in welcher Weise solche Heizprobleme durch Benutzung des Bicherouxprincips gelöst werden können.

In Fig. 122 ist ein ziemlich grosser Glüh- oder Schweissofen dargestellt, welcher den Generator im unmittelbarsten direktesten Anschluss an den Ofen zeigt, so dass beide in ihren Aussenumrissen gewissermaassen zusammenfallen.

Beide haben gleiche Breiten und die Gase des etwas knappen, tiefliegenden Generators streichen, mit vorgewärmter Luft verbrennend, über die flache Herdfläche hin. Die Luft, welche die Verbrennung der Gase unterstützen oder vermitteln soll, tritt in der Ecke der Feuerbrückenwand ein (von beiden Seiten des Ofens) und wird, wie der Grundriss *E—F* zeigt, durch in der Sohle ausgesparte Kanäle nach dem Fuchsende geführt, streicht dann an der Langseite des Ofens zurück und gelangt in eine auf dem Ofengewölbe aufgesetzte Vertheilungs- und Düsenkammer (im Profil beim Buchstaben *H*, im Grundriss bei *G—H* leicht erkennbar). Dort strömt die ziemlich heiss gewordene Luft durch 34 Oeffnungen, in zwei Reihen geordnet, ins Innere der Feuerungsanlage.

Die Kohle, für welche die Feuerung entworfen worden ist, scheint mager und kurzflammig gewesen zu sein; die flache Neigung des massiveren Rosttheiles sowie die Gedrungenheit des ganzen Ofens sprechen dafür.

Die Einwürfe sind zu vier an der Zahl auf der ganzen Breite der Feuerung (2,500 m im Lichten) vertheilt und gestatten sehr wohl das vorher angeführte wechselnde Beschicken und Schüren.

Zwischen vollem und durchbrochenem Rost liegt auch hier eine Doppelstaffel, um beim Schlacken etc. das Feuer leichter abfangen zu können.

Der Planrost ruht vorn auf einem dreieckigen Balken, während die Roststabenden sich gegen ein in der Feuerbrückenwand eingelassenes Eisenstück von ⊥-Querschnitt stützen.

§ 791. Das Beispiel eines vom Generator vollkommen abgetrennten Schweissofens und ein Seitenstück des Puddelofens Taf. V bietet Fig. 123.

Der für gewöhnliches Grobeisen bestimmte Ofen von länglich gerundeter Herdsohle hat zwei Thüren und einen etwas vorgerückten ziemlich engen Fuchs.

Der leicht geneigte, etwas gemuldete Herd ruht auf einer starken, aus drei Stücken mit Falzen zusammengeschobenen Gusseisenplatte, welche auf den Seitenwänden sowohl als auch auf einer Reihe von Mauerzungen aufruht, welche den Raum unter dem Herd zu einem hin- und hergehenden Kanal umändern.

Die Aussenluft kann am Fusse des Ofens links neben der zweiten Thür (siehe den Grundriss *E—F*) durch eine mit Schieber regulir- und verschliessbare Oeffnung unter den Herd treten, zieht dreimal hin und her und sammelt sich in einem breiteren Kanal unmittelbar neben der Feuerbrücke, d. h. der Wand des Feuerkanals, und zieht rechts und links vom Feuerkanal nach der Stirnseite des Ofens, um von da aus unter nochmaliger starker Vorwärmung in den Kanal einzuströmen. Wie bei dem angeführten Puddelofen, ist zum Vertheilen der Verbrennungsluft ein siebenreihiges Gittersystem in der Ofenwand eingebaut, im Mittel gerade der Feuerbrückenkante gegenüber, so dass die Luft- und Gasmischung und Verbrennung unmittelbar im Feuerloch des Ofens sich vollziehen muss. Die Armatur der Ofenstirnseite ist so weit durchbrochen, dass eventuell in der Aussenwand die erforderlichen Visiröffnungen, den Innenöffnungen gerade gegenüber, eingelegt werden können, wie dies auch bei dem Puddelofen Taf. V, allerdings nur für eine Reihe von Oeffnungen, angedeutet ist. Dort ist die Regulirfähigkeit auch mehr am Platze als bei einem Schweissofen, dessen Betrieb, es muss nochmals wiederholt werden, die grösste Gleichmässigkeit bei stärkster Leistung bedingt und frei von allen Schwankungen bleiben muss, die der wechselvolle Puddelbetrieb von selbst herbeiführt.

Der Kanal, welcher vom Generator nach dem Fuss des Flammen- oder Feuerkanals führt, misst im Querschnitt erheblich mehr (785 × 785 mm) als der zum Puddelofen führende (500 × 640 mm).

Daraus folgert von selbst, dass der zu dem Schweissofen gehörige Generator dem auf Taf. VI gezeichneten Apparat entsprechen, doch etwas grösser angelegt sein darf, soll der Betrieb im gleichen Verhältniss wie für den Puddelofen und in vollkommenster Ruhe vor sich gehen.

Bezüglich des Anschlusses des Generators, so ist es offenbar gleichgültig, ob die Ofenaxe und die des Generators zusammenfallen, obschon eine solche Lage die normale sein dürfte.

Es ist ja bereits bei Gelegenheit der Puddelofenheizung nachgewiesen worden, dass die auf der breiten Feuerfläche des Generatoreninhaltes entwickelte Gasmasse durch die Zusammenquetschung im theils

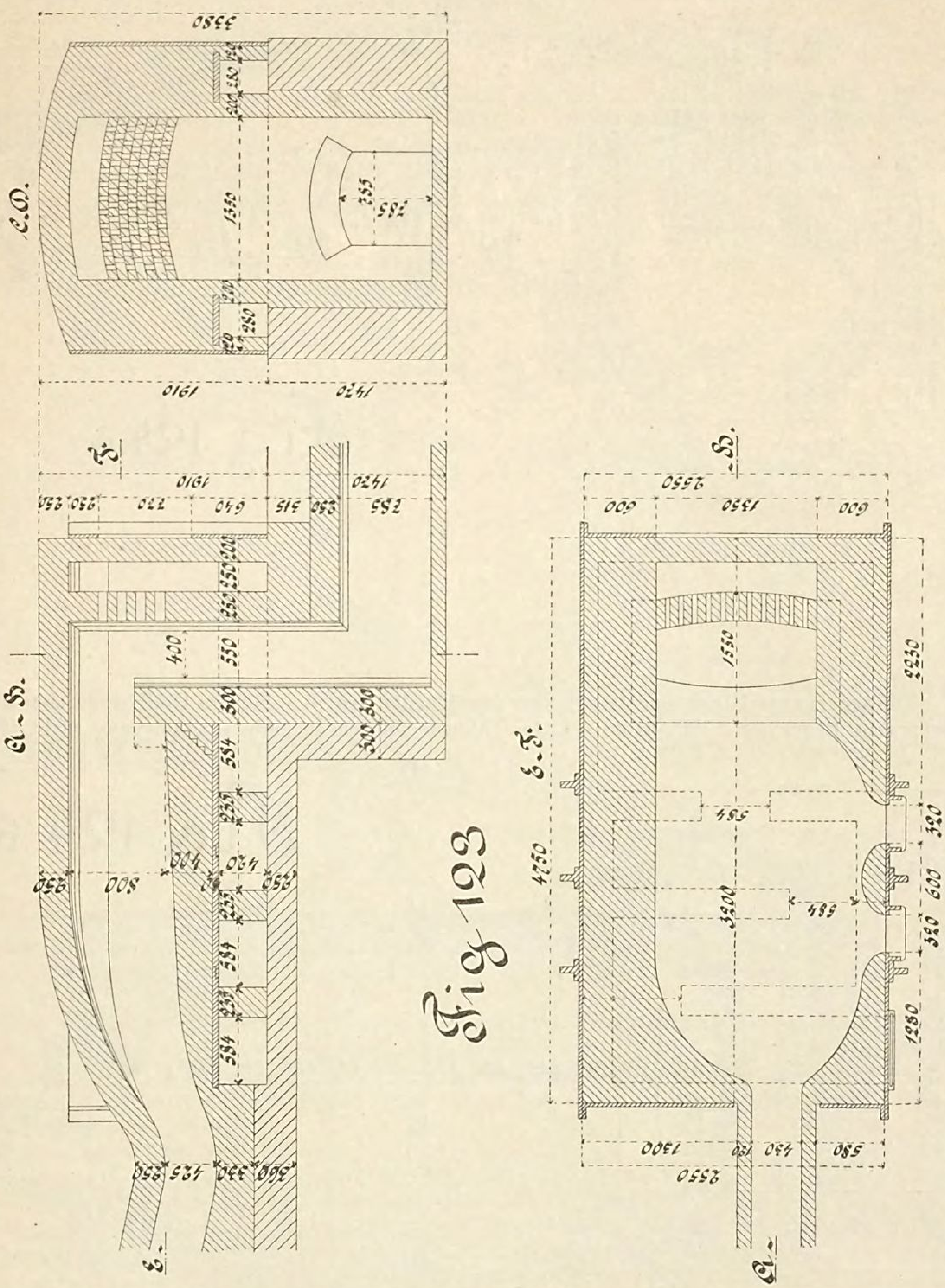


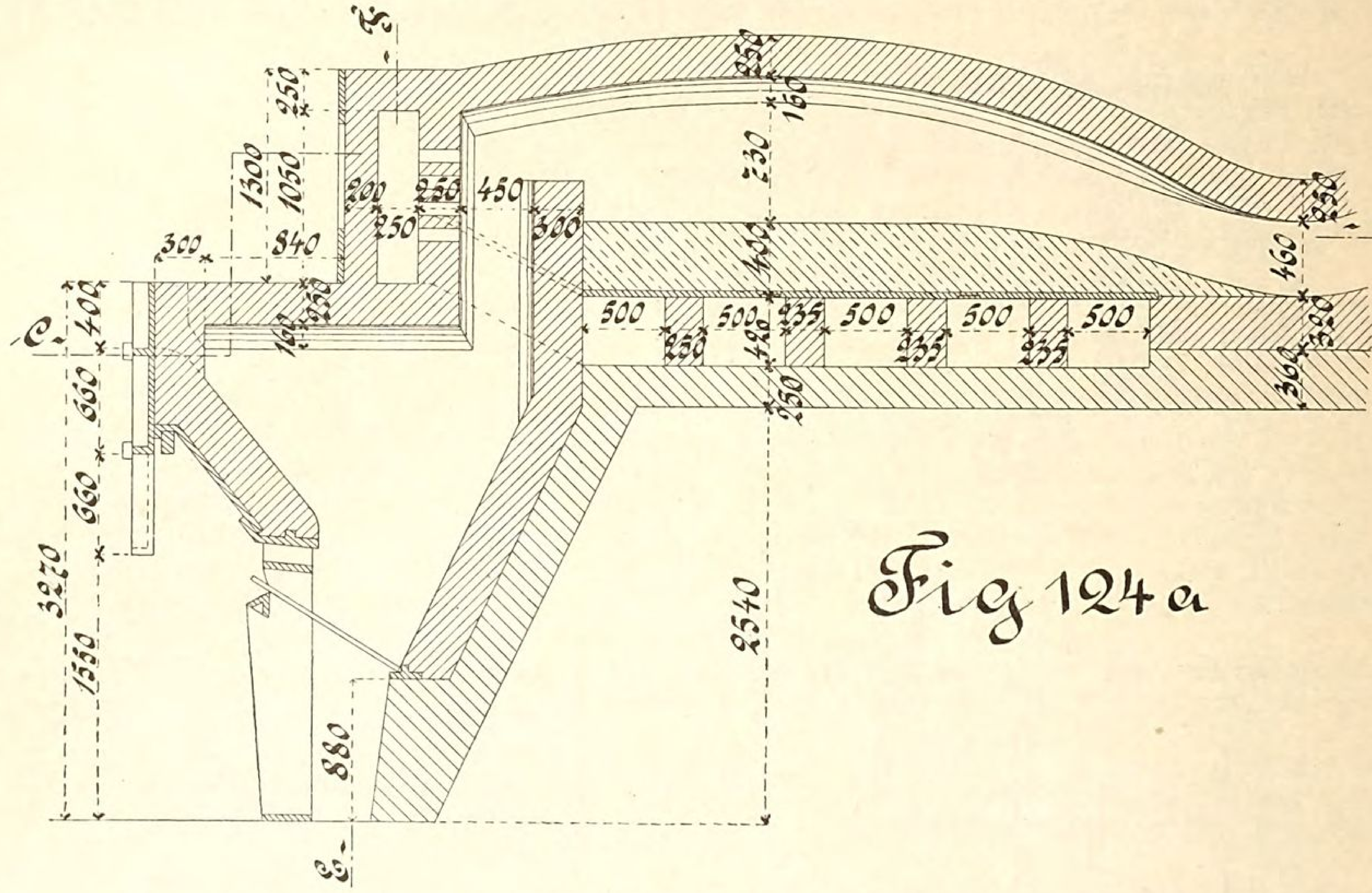
Fig 123

wagrecht, theils schräg abwärts führenden, oft höher als breit bemessenen Leitungskanal gehörig gemischt und homogenisirt am Fusse des Feuerraums des eigentlichen Ofens anlange, um daselbst, in die Höhe steigend, in entsprechender Höhe von der transversal eintretenden Verbrennungsluft getroffen und verbrannt zu werden.

Der Eintritt des Kanals in den Fuss des Feuerraums kann nun wohl von jeder der drei freien Seiten erfolgen, ohne dass der Verbrennungsvorgang darunter im geringsten Grade zu leiden braucht.

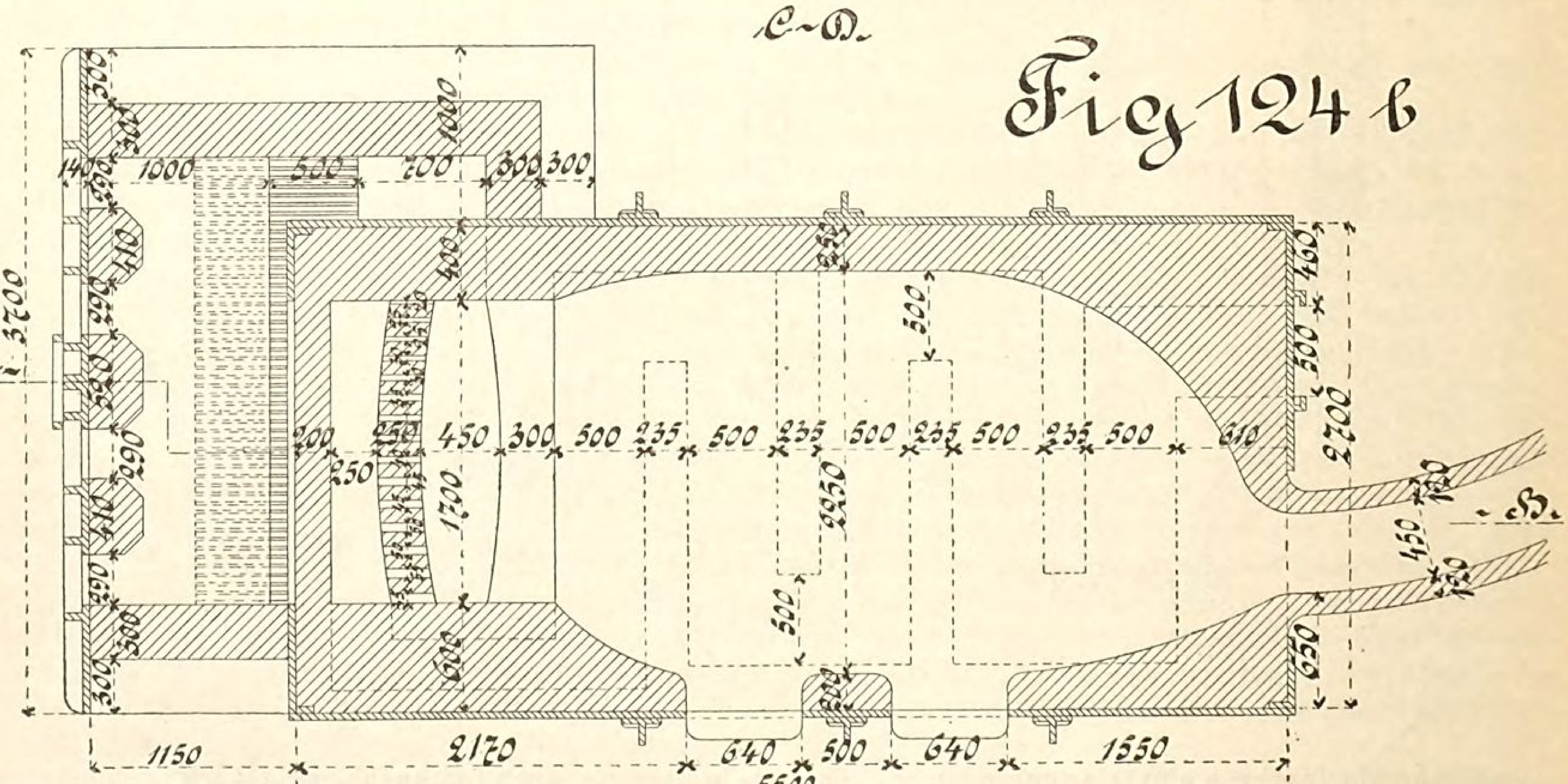
Mithin ist es für die Leistung des Schweissofens ganz irrelevant, ob die Axe desselben mit der des Generators zusammenfällt oder einen Winkel von 90⁰ macht.

A–B.



In dieser gegenseitigen Unabhängigkeit voneinander lag viel für die Einführung der Bicherouxgeneratoren sehr Bequemes. Man baute die Generatoren zumeist in einiger Entfernung nicht immer auf

C–D.



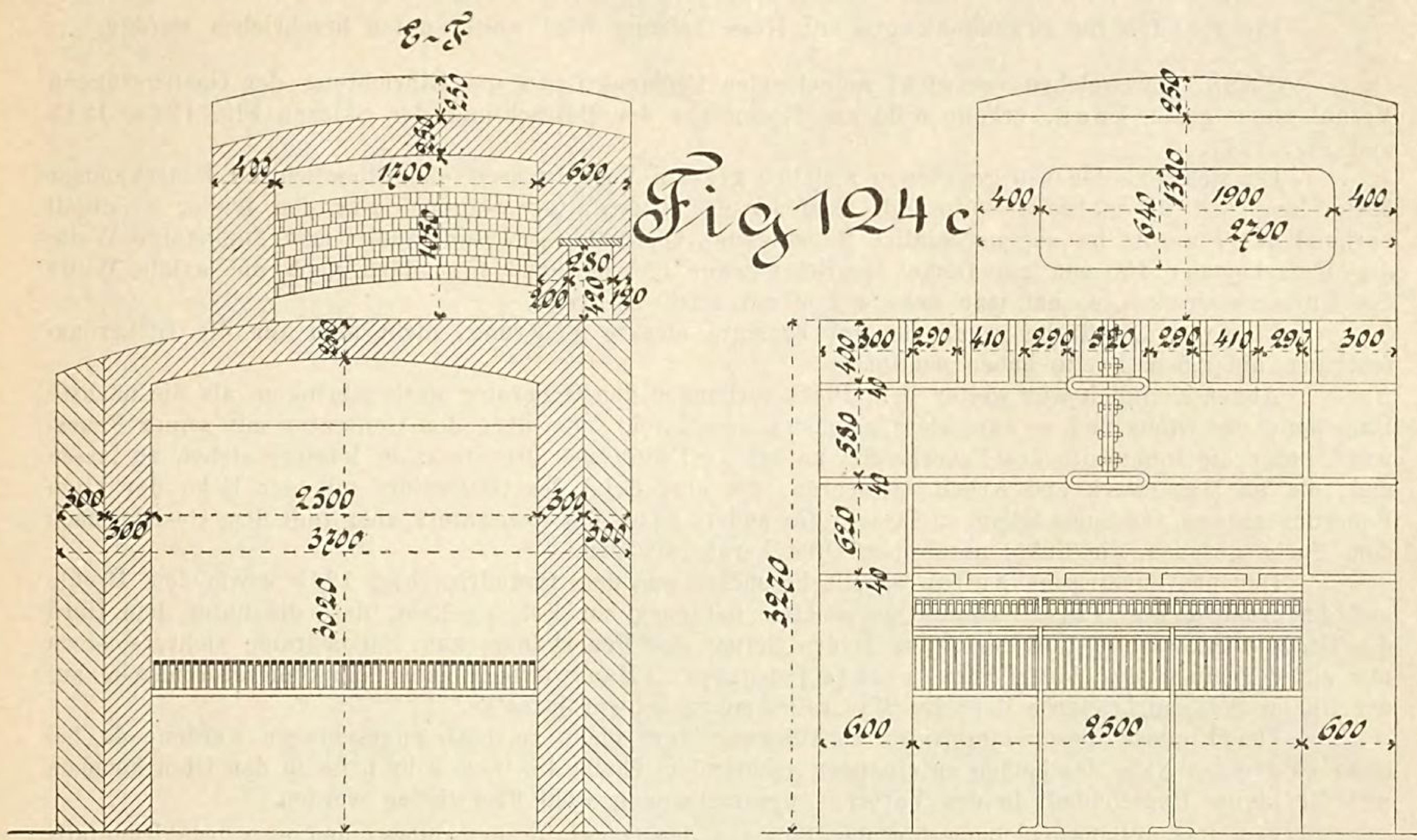
dieselbe Sohle, sondern tief in die Erde ein, so dass die Umgebung des Ofens selbst ganz frei blieb. War in der Verlängerung der Ofenaxe kein Platz, wohl aber zwischen den Oefen, so schwenkte man die Generatorenanlage einfach herum und liess den Gaskanal von der Seite in den Feuerschacht treten.

Planmässige Neuanlagen baute man allerdings regelmässiger auf; bei Einführung der Gasfeuerung in bereits bestehende Betriebe war man aber oftmals zu solchen Kunstgriffen genöthigt, wie sie die Skizzen Fig. 124 und 125 besonders klarlegen.

§ 792. Ehe zur Beschreibung dieser weniger regelmässigen Construktion übergegangen wird, mag die Anlage eines Wärmofens für Stahlblöcke besprochen werden, welcher mit einem Generator von Bicheroux betrieben wird.

Es ist ein sogenannter Rollofen, wie er in der Einrichtung für Planrostbetrieb § 783 bereits beschrieben worden ist, und unterscheidet sich von dem letzteren nur wenig.

Der Generator und der Ofen haben eine gemeinschaftliche Axe, stellen somit die regelmässigste Form der Zusammengehörigkeit dar, in stetem Rückblick auf die nothwendige Selbstständigkeit beider. Zwischen der letzten Armaturkante des Generators und der Stirnplatte des Ofens ist ein Raum von nahezu 2 m, welcher den Verkehr an der Visirwand des Ofens vollkommen frei gestattet.



Der ganze Generator liegt in einer Mauergrube von ca. 3 m Tiefe vollkommen frei und von allen Seiten mit eisernen Platten armirt. Vor dem Generator ist ein zum Arbeiten (Rosten und Putzen) geeigneter Raum von pptr. 3,5 m Breite und 3,35 m axialer Länge, zu dem man auf einer Steintreppe herunter gelangt.

Der Rost ist in gewöhnlicher Weise eingerichtet; an die nicht durchbrochene, von einer massiven Eisenplatte getragene, nach vorn noch durch einen Schirm verdeckte obere Hälfte schliesst sich der zum Abfangen des Feuers nothwendige starke Schlitz unmittelbar über dem Planrost.

Der Generator Taf. VI zeigt in Fig. 1 und 3 die Einrichtung dieses Schlitzes und der ihn bildenden Platten sehr genau.

Der schräge Planrost ruht, wie gewöhnlich, auf einer aus der Feuerwand vorspringenden Gussplatte und einem winkelförmigen Rostbalken. Ein eiserner, mit der Schwellenplatte verbundener Stuhl verbindet diesen Rostbalken und die Schlitzplatten des Oberrostes.

Das Gas, welches durch die Querschnittswandlung des Generators, wieder stark durcheinander gequetscht, in den Gaskanal eintritt, fliesst in horizontaler Richtung nach dem Fuss der Feuerkammer des Ofens, strömt empor und erhält aus siebenfacher Schlitzreihe die stark vorgewärmte Verbrennungsluft. Die letztere wird zum Theil unter dem Herd des Ofens, zum Theil aber im Sammelraum vor der Feuerkammer mit der abgebbaren Wärme beladen.

Der Herd des Ofens, vom Ende nach der Feuerbrücke zu langsam fallend, liegt auf einer Reihe von Gewölben, die zwischen gewöhnlichen Bahnschienen als Träger eingebaut sind und die Herdmasse selbst tragen.

In den dadurch überdeckten Raum tritt die Luft durch zwei Oeffnungen am Fuchsende ein; die Armaturskizzen der Langseiten Fig. 3 und 8 (von denen die obere verkehrt gezeichnet worden ist, um den Verweis auf den Grundriss *E—F* zu erleichtern) lassen deutlich die Schieber erkennen, mit deren Hilfe man den Luftzutritt regeln kann.

An der Feuerkammer angelangt, theilt sich die Luft in zwei Zweige, umgeht die Wand der Kammer und findet sich dann im Vorraum der Ausströmungsöffnung zusammen, um durch die zahlreichen Schlitze in den Gasstrom einzutreten.

Die sonstigen Details des Ofens sind selbstverständlich; die Armatur ist etwas anders als bei dem bereits beschriebenen Ofen, welcher auch weit länger ist. Hier findet sich die Einsatzöffnung an der Seite, gegenüber einer Arbeitsthür; darauf folgen, nicht einander gegenüberliegend, einerseits vier Arbeits- und zwei Ziehthüren (rechte Seite), anderseits sechs Arbeitsthüren (linke Seite).

Das Feuer verlässt am Ofenende durch zwei Füchse den Heizraum und zieht nach unten hin in einen weiten, zur Esse führenden, in der Ofenaxenrichtung liegenden Kanal.

Ein Rollofen für Braunkohlengas mit Kesselheizung wird weiter unten beschrieben werden.

§ 793. Zu welchen verzwickt aussehenden Construktionen die Einrichtung der Gasfeuerungen Veranlassung geben **kann**, erhellt wohl am besten aus der Betrachtung der Skizzen Fig. 124a, 124b und Fig. 124c.

Ein Schweissofen von gegebenen ziemlich grossen Verhältnissen, einschliesslich der Feuerkammer 5,5 m lang und 2,7 m breit, sollte mit Gasfeuerung ausgestattet werden. Für den früher eventuell vorhandenen Planrost ist augenscheinlich Raum genug vorhanden gewesen; addirt man die jetzige Weite der Feuerkammer 450 mm zur Dicke der Schlitzwand 250 mm und fügt dazu noch die axiale Weite des Luftsammelraums, so hat man nahezu 1 m auf 1,700 m Breite.

Dies war Rostfläche genug für gut bediente direkte Feuerung, nicht aber für die Bicheroux-feuerung, die 2,5 m Breite haben musste.

Augenscheinlich war weiter kein Platz vorhanden den Generator unterzubringen, als die nächste Umgebung des Ofens und so entschloss man sich denn, wohl oder übel, den Generator mit seiner Feuerwand unter die Innenseite des Feuerkanals zu bringen, die Gase also direkt in letztere ziehen zu lassen und, um an Mauerwerk und Arbeit zu sparen, die eine Ecke des Generators mit der Ecke der alten Feuerungsanlage zusammenfallen zu lassen, die andere Seite des Generators aber (mit dem Gesicht nach dem Fuchs gesehen, die linke) unter dem Ofen herauszurücken.

Der unsymmetrische Aufbau erhellt besonders aus dem Grundriss Fig. 124b sowie dem Profile und der Ansicht Fig. 124c. Diese Unsymmetrie hat auch zur Folge gehabt, dass die unter dem Herd des Ofens vorgewärmte Luft nicht auf beiden Seiten des Feuerkanals zum Sammelraum zieht, sondern nur auf der einen (im obigen Sinne **rechts** gelegenen). Man wollte offenbar die Generatorendecke auf der linken Seite nicht durch doppelte Mauerstücken zu schwer belasten.

Der Einfluss dieser einseitigen Luftführung darf nicht zu hoch angeschlagen werden, da bei einer so grossen Nähe der beiden zu einander gehörenden Theile die Gase sehr heiss in den Ofen kommen und die kleine Ungleichheit in der Verbrennungserscheinung wohl überwinden werden.

Das Bedenkliche ist immerhin das Belasten des Generatorengewölbes, und es würde jedenfalls die Construktion weit sicherer geworden sein, wenn die Feuerkammerwände, soweit sie über dem fraglichen Gewölbe gelegen sind, durch irgend eine Eisenconstruktion unterfangen worden wären.

Es kann hier auf das bei dem Bau der Martinöfen Gesagte hingewiesen werden, wo auch die Entlastung der Regeneratorengewölbe auf das Entschiedenste befürwortet worden ist.

Die sonstigen Details des Ofens und des Generators sind aus den genauen Skizzen zu ersehen.

Der Generator, ganz ähnlich wie der auf Taf. VI construirt, arbeitet mit vier Einwürfen, hat unter der massiven Rostplatte die gewöhnliche Schlitzanlage zum Rosten und Putzen, einen etwas steilen Rost (der auf Fettkohlen hindeutet) und ist im Uebrigen fast vollständig in die Hüttensohle eingelassen. Luftleitung und Luftschlitze sind wie gewöhnlich.

§ 794. Eine freiere Gestaltung einer Schweissofenanlage mit Gasfeuerung, System **Bicheroux**, zeigt Fig. 125, welche auch die Fundamentirungen deutlich erkennen lässt, die ein solcher Fall mit sich bringen kann.

Die Axen des Generators und des Ofens schneiden sich im rechten Winkel und beide Apparate sind in der wünschenswerthesten baulichen Unabhängigkeit voneinander ausgeführt worden, so dass sie nur durch den Gaskanal zusammenhängen, der auf gewölbter Unterlage ruht und solid abgedeckt ist.

Der Generator steht tief in einer geräumigen Grube, in welche eine bequeme und sichere Treppe führt, welche auch für den Fall irgend einer plötzlichen Störung von Vortheil sein kann.*) Die Ent-

*) Der bekannte Unfall, dem **Thomas Whitwell** zum Opfer gefallen ist, würde in einer so geräumigen Grube nicht die verhängnissvolle Tragweite erlangt haben.

fernung vom Treppenfuss zur Ofenstirnwand beträgt über 2,800 m und reicht zur Bewegung an den Rosten etc. vollkommen aus.

Die Roststäbe des Planrostes hängen, nur flach geneigt, auf den beiden kräftigen Rostbalken und werden durch einen hakenförmig gekrümmten Kopf gehalten. Darüber unter dem massiven Rost-

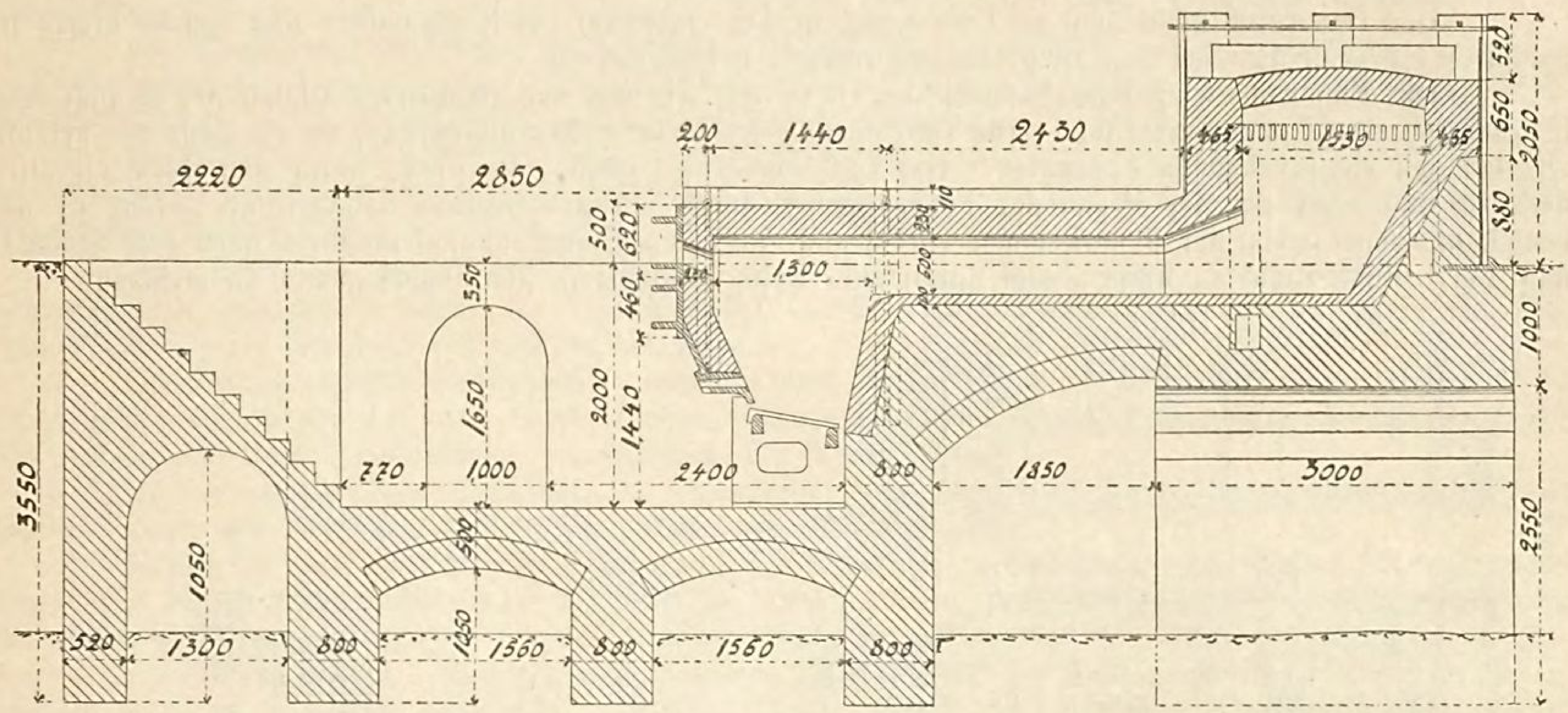
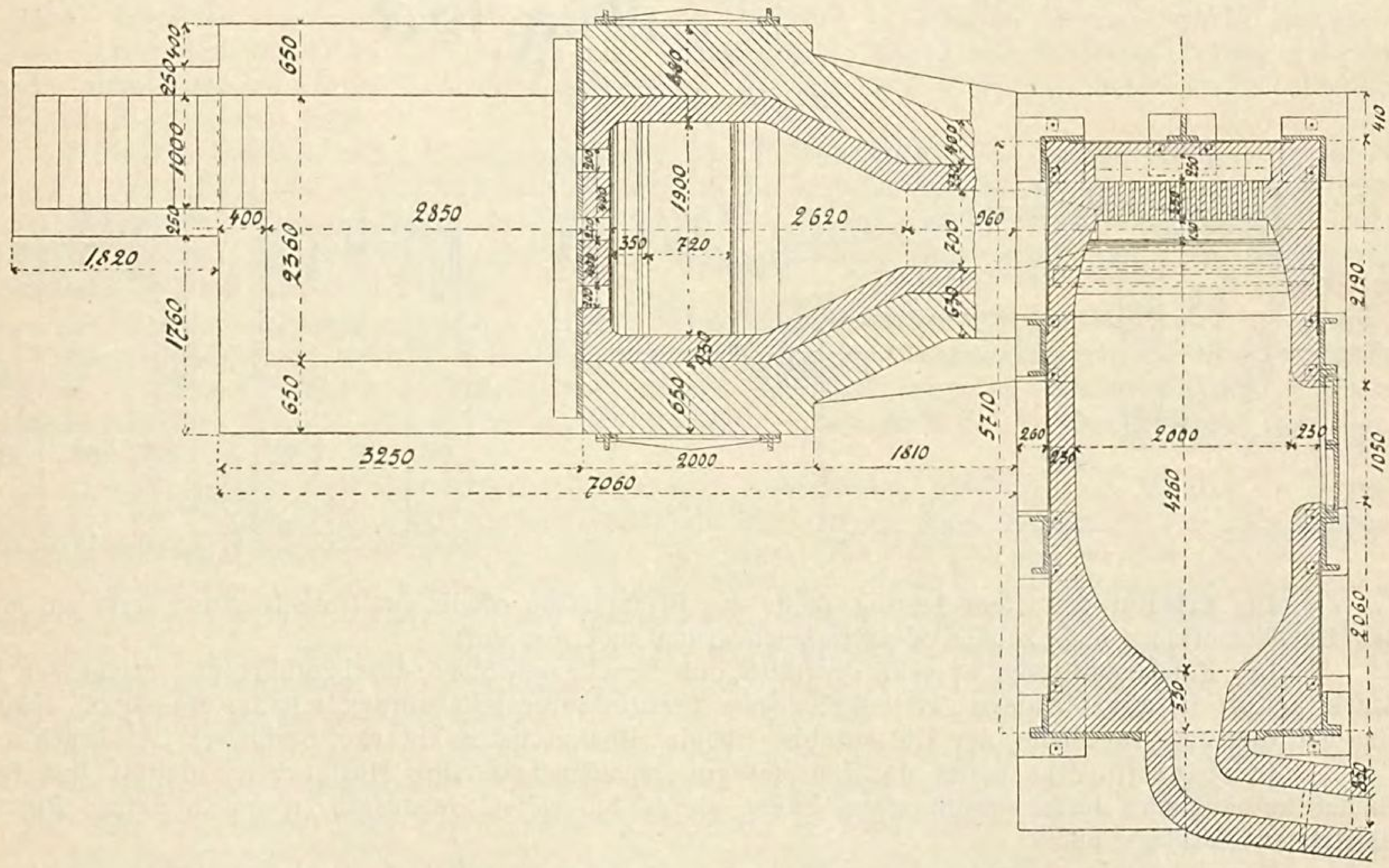


Fig. 125



theil liegt ein starker Schlitz zum Einschlagen der Paletten, die das Feuer abfangen; seine beiden Platten sind fest an die Rück- und Trageplatte des schrägen Theiles angeheftet, vielleicht angegossen, wie an den seither beschriebenen Beispielen.

Der Generator hat an der Stirnseite drei Kohleneinwürfe, die ein wenig knapp erscheinen; da aber aus der Bauart des Apparates, namentlich aus den in Betracht kommenden Neigungswinkeln, her-

vorgeht, dass er für etwas backende, leicht festliegende, also für fette Kohlen bestimmt zu sein scheint, so ist eine sehr reichliche Bemessung der Einwürfe wohl nicht so dringend nöthig.

Merkwürdig stark ist die Seitenwand des Generators und ausserdem noch durch starke Horizontal- und Verticalanker verstärkt, während in der Längsrichtung die Stirnplatte, welche gegen die Wände der Aschengrube anliegt, für alle Fälle zu genügen scheint.

Der Generator zieht sich im Uebergang in den Gaskanal rasch zusammen und weicht hierin in keiner Weise von dem bei den Bicherouxgeneratoren bewährten ab.

Die Flammen- oder Feuerkammer des Ofens ist, wie aus den punktirten Linien des Grundrisses hervorgeht, etwas eng angeordnet. Die Luftführung ist nicht weiter angegeben, da sie ganz so verläuft wie bei den entsprechenden Apparaten. Die Luft zieht, wie immer, am Fuchs unter den Herd, circulirt daselbst und wird vor der Wand der Feuerkammer durch ein gusseisernes Sammelrohr gefangen, um beziehungsweise neben der Feuerkammer vorbei und unter dem Flammenkanal hindurch nach dem Sammel- und Vertheilungsraum zu fliessen und durch eine Reihe Schlitze in die Feuerkammer zu strömen.

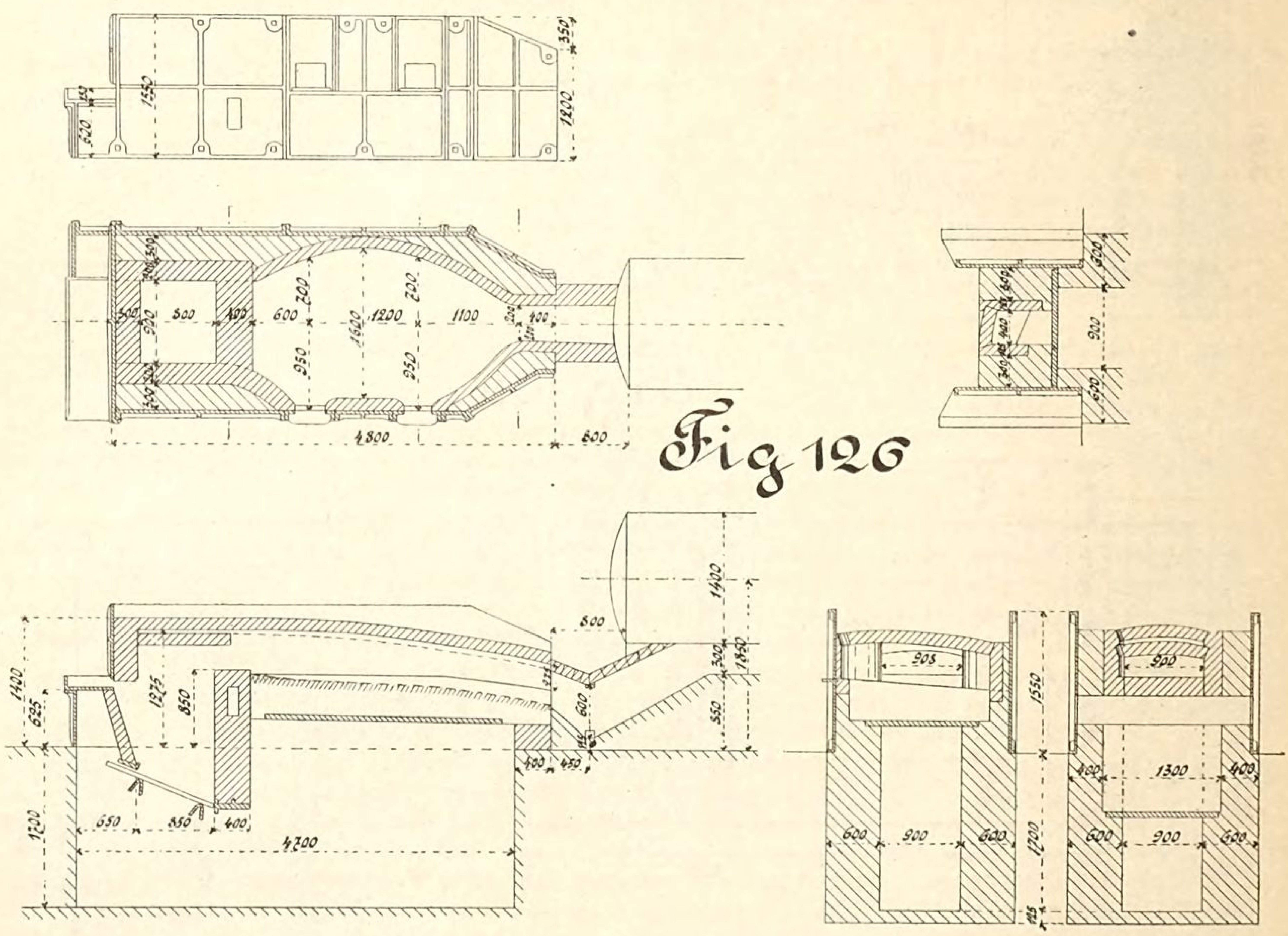


Fig 126

Die Armatur des Ofens besteht theils aus Blechplatten, theils aus Gusseisen und steht auf einem den Fundamentklotz bedeckenden Metallrahmen sicher und fest auf.

Die Fundamentirung ist sehr sorgfältig mit Trockengewölben durchgeführt und macht den Eindruck, als sei die ganze Anlage auf tiefgelegenem Terrain aufgestellt worden, mit der Maassgabe späterer Umschüttung und Aufhöhung der Hüttensohle (Phönix, Rheinische Stahlwerke, Stahlwerk Osnabrück u. a.).

In dieser Hinsicht bietet das Beispiel ein nachahmenswerthes Muster von Solidität und freier Raumbenutzung und durfte umsoweniger fehlen, als es den vollen Gegensatz zu der in Skizze Fig. 124 illustrirten Nothlage bildet.

Derlei Lösungen gegebener Aufgaben sind oft viel werthvoller als die Darstellungen von normal entwickelten baulichen oder betrieblichen Verhältnissen.

§ 795. Es ist bei der Besprechung der Generatorensysteme von Boëtius und Bicheroux vielfach auf die Bequemlichkeit hingewiesen worden, von der Abhitze nicht im Interesse der Lufterwärmung ausschliesslich Gebrauch machen zu müssen, sondern dieselbe auch zur Kesselheizung nach erfolgter Luftvorwärmung verwenden zu können.

In Fig. 126 ist angegeben, wie man eine Generatorenanlage mit einer Kesselanlage zur vollsten Ausnutzung der Abhitze verbindet.

Es ist speciell eine Boëtiusanlage vorgesehen, bei der bekanntermaassen die Wärmeabführung wesentlich im Feuerraum, d. h. in den Seitenwänden des Generators, sowie in der Feuerbrückenwand geschieht und beendet ist, wenn die Flamme die Feuerbrücke überschritten hat und in den Herdraum gelangt ist.

Die Einrichtung des Ofens und Generators entspricht vollständig den gelegentlich der Fig. 120 und 121 gegebenen Erläuterungen. Der Rost besteht aus einem vollen oder massiven und einem durchbrochenen Theil, sowie einem schrägen Planrost, auf winkelförmigen Rostbalken ruhend.

Die Feuerbrücke ruht auf einer Gussplatte, unter welcher eine Verbindung des Aschenfalles mit dem Raum unter dem Herd stattfindet, welch letzterer auf einer von den Ofenlangseiten getragenen Eisenplatte aufgestampft ist.

Die Herdfläche, dem Fuchs leicht zugeneigt, fällt im Fuchse selbst rasch ab und geht zum Schlackenloch, jenseits welchem der zum Kessel führende Flammenkanal rasch ansteigt und den unter dem Walzenkessel hinstreichenden Kanal erreicht.

Die Skizzen zeigen deutlich den Anschluss und das im Fuchs noch vorhandene Gefälle nach der einen Seite; ebenso erkennt man daraus die Armaturen des Ofens, ihre Zusammensetzung und die gegen das Auseinandertreiben getroffenen Anordnungen der Verankerung.

Die Darstellung vervollständigt in geeigneter Weise das über die Halbgasfeuerungen bis jetzt Gesagte durch die Berücksichtigung der Anlage von Hilfsapparaten.

Es dürfte nach den mit der Befeuerung der Kessel mit Abhitzgasen von solchen Gasfeuerungen gemachten Erfahrungen noch darauf hingewiesen werden, dass man die Kessel so nahe als möglich an die Oefen zu legen hat, und dass man Alles vermeiden muss, was ein vorzeitiges Verlöschen des Gasfeuers hervorrufen könnte. Man muss in solchen Fällen lieber der Luftvorwärmung etwas entziehen, als die Gase zu kühl und nicht ganz verbrannt in den Fuchs treten lassen. Verbrannte und kühlere Gase kann man durch Entwickelung grösserer Heizflächen immer noch ausnutzen. Dagegen bilden brennbare Bestandtheile in einem ausgelöschten Gasstrom bleibende Verluste.

§ 796. Dass der Anschluss von Dampfkesseln an Schweiss- und Wärmöfen mit Halbgasfeuerung den Effekt derselben durch bessere Wärmeausnutzung erheblich zu steigern vermag, erhellt aus nachstehenden Aufstellungen, die der Verfasser in seiner schon citirten Bearbeitung der Gruner'schen Arbeiten über die Ofenleistungen (Dingler's Journal 1876, S. 247 ff.) nach ihm zugegangenen Mittheilungen selbstständig gemacht hat.

Dieselben beziehen sich auf die verbreitetste der Halbgasfeuerungen, die von Bicheroux (s. die letzten Fig. 122—125), und stützen sich hauptsächlich auf die Angaben des Eisenwerkes Ougrée in Belgien.

Die ersten Oefen consumirten im Durchschnitt pro 1 Tonne Einsatz (Schmiedeeisen) 0,37 Tonnen Kleinkohle von etwas geringerer Qualität als die in den gewöhnlichen Schweissöfen (mit Planrostfeuerung) verbrauchten Würfel- und Stückkohlen.

Bei der Annahme von nur $70/_{00}$ wirklich verwerthbarer Kohlensubstanz ergibt sich aus Obigem eine Wärmeproduktion von 2092,71 Wärmeeinheiten gegenüber 200 Wärmeeinheiten, die die Erwärmung des Einsatzes an sich erfordert. Man gelangt mithin ohne Rechnung der Dampfproduktion zu einem Nutzeffekt von über $10/_{00}$ (Piedboeuf und O. Philipp in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1875, S. 62).

Dem Verfasser zugegangene Mittheilungen des verstorbenen Direktors Ad. Mockel in Ougrée ergaben pro 12 Stunden 11312 Kilo Rohmaterial (halb Rohschienen, halb Schrot) als zur Handelseisenfabrikation eingesetzt, wovon zwei Drittel einmal, ein Drittel zweimal gewärmt werden mussten.

Veranschlagt man die Leistung des zweiten Wärmens auf $30/_{00}$ der ursprünglich zugeführten Wärme, so kommt dies der vollen einmaligen Erhitzung von 12443,1 Kilo Eisen zur Schweisshitze gleich, wofür 3654 Kilo klare Kohle von leicht backender Beschaffenheit (kurzflammige Backkohlen des östlichsten Theils vom Lütticher Becken) anzusetzen sein würden (Anheizen und Anwärmen der Oefen beim Beginn der Arbeitsperiode mit eingerechnet).

Die angewandte stückfreie Kohle, mit nur $70/_{00}$ Kohlensubstanz in Anschlag gebracht, ergibt eine Wärmeproduktion von nur $0{,}29 \times 0{,}70 \times 8080$ — weil nach Obigem das Kilo Einsatz 0,29 Kilo mit, 0,32 Kilo ohne Bewerthung der doppelten Erwärmung an Kohle verbraucht hat.

Die resultirende Wärmemenge $0{,}29 \times 0{,}70 \times 8080 = 1639{,}24$ Wärmeeinheiten steht nunmehr 200—210 Einheiten als Nettobetrag der Schweisswärme des Eisens gegenüber, so dass eine Werthsziffer von $12—13/_{00}$ herauskommt, ohne Berücksichtigung der Dampferzeugung.

Den Effekt der letzteren hat man so überschlagen, dass 1 Kilo Kohle 6 Kilo Wasser verdampft und dass in 12 Stunden etwa 9000 Kilo Wasser verdampft würden. Dies gäbe einen entsprechenden Kohlenverbrauch von $\frac{9000}{6}$ oder 1500 Kilo, welche der Kohlenverbrauchsziffer abzurechnen sein würden.

Der Rest 3654 — 1500 = 2154 Kilo würde nunmehr allein auf die Schweissarbeit kommen und pro Kilo Eisen des corrigirten Einsatzes von 12443,2 Kilo nur noch 0,17 Kilo betragen.

Die Wärmeproduktion sinkt auf 0,17 × 0,7 × 8080 = 961,52 Calorien und die Effektziffer steigt auf 210 : 961,52 = 21/₀₀; ein sehr gutes Resultat!

§ 797. Neben den Halbgasfeuerungen von Boëtius und Bicheroux haben sich im Schweiss- und Wärmbetrieb auch andere Systeme zeitweilig geltend gemacht, welche aber minder einfach und dadurch auch minder erhaltungsfähig und bequem sich gezeigt haben, obschon man gegen die erzielten Effekte nichts einwenden konnte.

Es waren dies die Systeme von Gorman, Ponsard, von Gaillard Haillot u. A., welche die Uebertragung der Abhitze durch Anwendung sehr dünner transmittirender Wände aus feuerfesten Massen erleichtern und steigern wollten und deren Constructionsgrundsätze bereits auf S. 371 dieses Bandes, § 332, besprochen worden sind.

Die Gorman'schen Röhren, in welchen die Luft zwischen zwei Sammelkästen an den glühenden Abhitzgasen vorbeistrich, waren bei starker Feuerung und unter der Einwirkung von Flugasche und Eisendämpfen schwer zu erhalten (Erfahrungen auf der Neuen Hoffnungshütte bei Herborn 1870—1875).

Die Ponsard'schen und Gaillard Haillot'schen Hohlsteine, erstere der Länge nach doppelt durchbohrt, letztere der Breite nach ebenfalls doppelt durchlöchert, hielten, wenn sie gut gearbeitet und namentlich gut verlegt, d. h. verbaut waren, längere Zeit und die daraus gebildeten verschränkten Systeme von sich kreuzenden Kanälen erwiesen sich auch in der Abkühlung der Feuergase äusserst wirksam und steigerten andererseits die Luftvorwärmung in entsprechender Weise.

Die Vertreter der beiden concurrirenden (bis auf die Geometrie der Steindurchlöcherung eigentlich identischen) Systeme liessen es an Bemühungen nicht fehlen, und namentlich Sylvain Perissé, Ponsard's Vertreter, gelang es, viele Werke zur Anwendung des Systems zu bewegen.

Lencauchez, der Vertreter des anderen Systems, schrieb dagegen ein umfangreiches Werk und gab Entwürfe für alle möglichen Anwendungen der Gaillard Haillot'schen Luftwärmer. Diese zur bequemeren Unterscheidung von den Siemens'schen Regeneratoren mit der Bezeichnung Recuperatoren belegten Apparate sollten namentlich bei einer damals projektirten Entphosphorung auf dem Herd für das Eisenhüttenwesen sich wirksam zeigen. Der Thomasprocess machte alle diese Bemühungen zwecklos und Gaillard Haillot verschwand von der Bildfläche wie der ähnliche Fornoconvertisseur Ponsard 1878!

Es mag hier rücksichtlich der längere Zeit hindurch betriebenen Ponsard'schen Oefen angeführt werden, dass sich deren Effekt auf 20—22/₀₀ berechnete.

Die nach dem genannten Princip geführten Radreifenöfen in Seraing consumirten pro Tonne Stahlblöcke 160—170 Kilo Brennstoff, bestehend aus 85/₀₀ Kohlen à 80/₀₀ Kohle und 17,5/₀₀ durch den Rost gefallenes Klein (Sinters) à 40/₀₀ Kohlensubstanzen.

Die Wärmemenge veranschlagt sich auf

$$0{,}136 \times 0{,}80 \times 8080 = 880$$
$$\times\ 0{,}029 \times 0{,}40 \times 8080 = 93{,}7 \text{ oder } 973{,}7 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Der Effekt beträgt, eine Schweisswärme von 210 Einheiten hier ebenfalls angenommen (vielleicht etwas viel), $\frac{210}{973{,}7} = 22/_{00}$. (Vgl. Sylvain Perissé, le four Ponsard — Paris 1874, Lacroix.)

§ 798. Auch die mit ganzer Regeneration oder Wärmeüberführung arbeitenden Oefen von Siemens, deren Arbeitsgrundsätze S. 368, § 326 u. ff. und gelegentlich der Einrichtung und des Baues der Martinanlagen S. 503, § 515 u. ff. im Allgemeinen besprochen worden sind, haben frühzeitig und in ziemlicher Ausdehnung Verwendung für das Wärmen und Schweissen gefunden.

Auf Taf. XXXIV und Taf. XXXV sind Zeichnungen solcher Oefen grösserer wie auch geringerer Dimension, für Stahlblöcke wie für Radreifen, dargestellt, welche sich von den früher beschriebenen Martinschmelzöfen nur in der Form und Einrichtung des Herdes unterscheiden.

Derselbe, in einer kräftigen Eisenarmatur auf einer Ziegelunterlage mit Sand aufgestampft, ruht bei dem grösseren und dem kleineren Ofen auf einer Doppellage von Bahnschienen und Gussträgern, so dass die Regeneratorengewölbe in der geeignetsten Weise entlastet sind.

Die Feuerbrücken überragen den Rand des Herdes, so dass die Eisenumfassung des letzteren nirgends von dem Feuer berührt werden kann, und dass dennoch eine freie Bewegung beider einander berührenden Theile möglich wird.

Bezüglich der Einmündungshöhen von Gas und Luft finden dieselben Unterschiede statt, welche an den oben citirten Stellen bereits hervorgehoben und begründet worden sind.

Das specifisch leichtere Gasgemisch tritt tiefer, die specifisch schwerere Luft höher ein, und dadurch wird die Mischung sowie die Vollkommenheit der Verbrennung begünstigt.

Es sind im grösseren Ofen drei Gas- und vier Lufteinlässe jederseits, während der kleinere Ofen eine etwas reichlichere Vertheilung hat, indem daselbst vier Gaszüge auf fünf Luftzüge kommen.

Die Heizräume beider Oefen unterscheiden sich nicht allein in ihren absoluten, sondern auch in ihren relativen Verhältnissen.

Der Ofen für Stahlblöcke zeigt bei ca. 4,5 m Herdlänge und 2,75 m Herdbreite nur 625 mm lichte Höhe über der Mitte des Herdes, während der Ofen für Radreifen bei 2,7 m Herdlänge und 2,475 m Herdbreite (also fast quadratischem Grundriss) 750 mm lichte Höhe ergibt.

Der Ofenraum erscheint dadurch verhältnissmässig höher und der Einsatz weniger direkt der Flamme ausgesetzt, welche mehr durch Vermittelung des Gewölbes als durch Berührung arbeitet.

Es würde dies dem Princip der freien Flammenentfaltung bereits entsprechen, welches, wie angeführt, in neuester Zeit von F. Siemens als eine wichtige Neuerung hingestellt worden ist.

Man kann jedenfalls aus dem Vergleich der beiden etwa gleichzeitig entworfenen Oefen den Satz ableiten, dass empfindlichere Einsätze sich besser unter hochliegenden Gewölben vorwärmen lassen als Einsätze von gewöhnlicher Qualität. Das niedere Gewölbe des Blockofens Taf. XXXIV weist aber auch darauf hin, dass die durch Berührung der Flamme immer mögliche Veränderung des Metalls in solchen Oefen zur stellenweisen Beibehaltung der Rollöfen mit direkter oder Halbgasfeuerung geführt hat, resp. deren Beibehaltung wünschenswerth hat erscheinen lassen.

§ 799. Bezüglich der Leistungen der Siemensöfen als Schweiss- und Wärmöfen hat der Verfasser in seiner mehr citirten Arbeit über die Gruner'schen Ofeneffekte Nachstehendes gesammelt und zusammengestellt.

a) Ein Ofen in Jamaille (Lothringen) verbrauchte pro Tonne Schienen 190—230 Kilo oder pro Tonne Besetzung (also unter Einrechnung der Enden und Abfälle) 180—210 Kilo.

Rechnet man das sich ergebende Mittel auf 195 Kilo und den Effekt auf 0,195 × 0,89 × 8080 auf ca. 1400 Wärmeeinheiten, so berechnet sich eine Werthziffer von $\frac{200}{1400}$ oder nicht ganz $15/_{00}$, während die gewöhnlichen Oefen desselben Werkes 450 Kilo durchschnittlich erforderten, also mit 3240 Wärmeeinheiten Aufwand arbeiteten.

Daraus entsteht ein Effektsverhältniss von $6/_{00}$, welches dem niedrigsten Werth der früher für dieselbe Arbeit aufgestellten Grenze entspricht und die Vorzüge der Gasfeuerungen in hellstes Licht setzt.

b) Ein Ofen der Blochairn Iron Works, welcher auf Winkeleisen ging, verbrauchte für 11 Tonnen Produkte 2,5 Tonnen Kohlen, die unter gleicher Voraussetzung wie vorhin 1584 Wärmeeinheiten Verbrauch und $12{,}6/_{00}$ als Werthziffer des Effekts gaben.

Die leichteren Fabrikate sind wohl Schuld an der minder günstigen Ausbeute des Ofenbetriebes.

c) Ein Ofen in Soughland lieferte in 24 Stunden aus 9,1 Tonnen Einsätzen 5,6 Tonnen vollendete beschnittene Produkte und brauchte dazu pro Tonne 0,6 Tonnen Kohlen von Mons, mithin pro Tonne Einsatz

$$(5600 : 9100) \times 600 \text{ oder } 369 \text{ Kilo Kohlen.}$$

Es ergibt dies pro Kilo Eisen 0,369 Kilo Kohlen oder 2658,2 Wärmeeinheiten und die keineswegs günstige Werthziffer $\frac{200}{2658{,}2} = 7{,}5/_{00}$.

d) Ein Ofen zu Barrow in Furness, welcher für zweimaliges Wärmen der Schienenblöcke 437 Kilo Kohlen verbrauchte, ergab im Durchschnitt einen Wärmeverbrauch von 1573,2 Wärmeeinheiten (wenn man das Eisen doppelt gewärmt rechnet) und eine Werthziffer von $\frac{200}{1573{,}2} = 12{,}7/_{00}$.

Rechnet man so, dass nur ein $1^1/_3$faches Wärmen des Eisens stattfindet, so entsteht der Bruch $\frac{200}{2095{,}8}$ = ca. $10/_{00}$ Werthziffer. Das Tagesquantum ist 26—28 Tonnen Stahl. Die gewöhnlichen Oefen desselben Werkes erforderten 787 Kilo pro Tonne und gaben einen enormen Abbrand, der bei den neuen Oefen auf $4{,}25/_{00}$ heruntergegangen ist.

e) Ein Ofen zu Ebbw Vale von 3,27 m × 6,40 m Herdfläche producirte 6 Chargen zu 24 Ingots von 500 Kilo oder 72 Tonnen Schienenmaterial pro Tag, wobei nach Siemens' Angabe 150 Kilo Kohle pro Tonne Stahl verbraucht wurden.

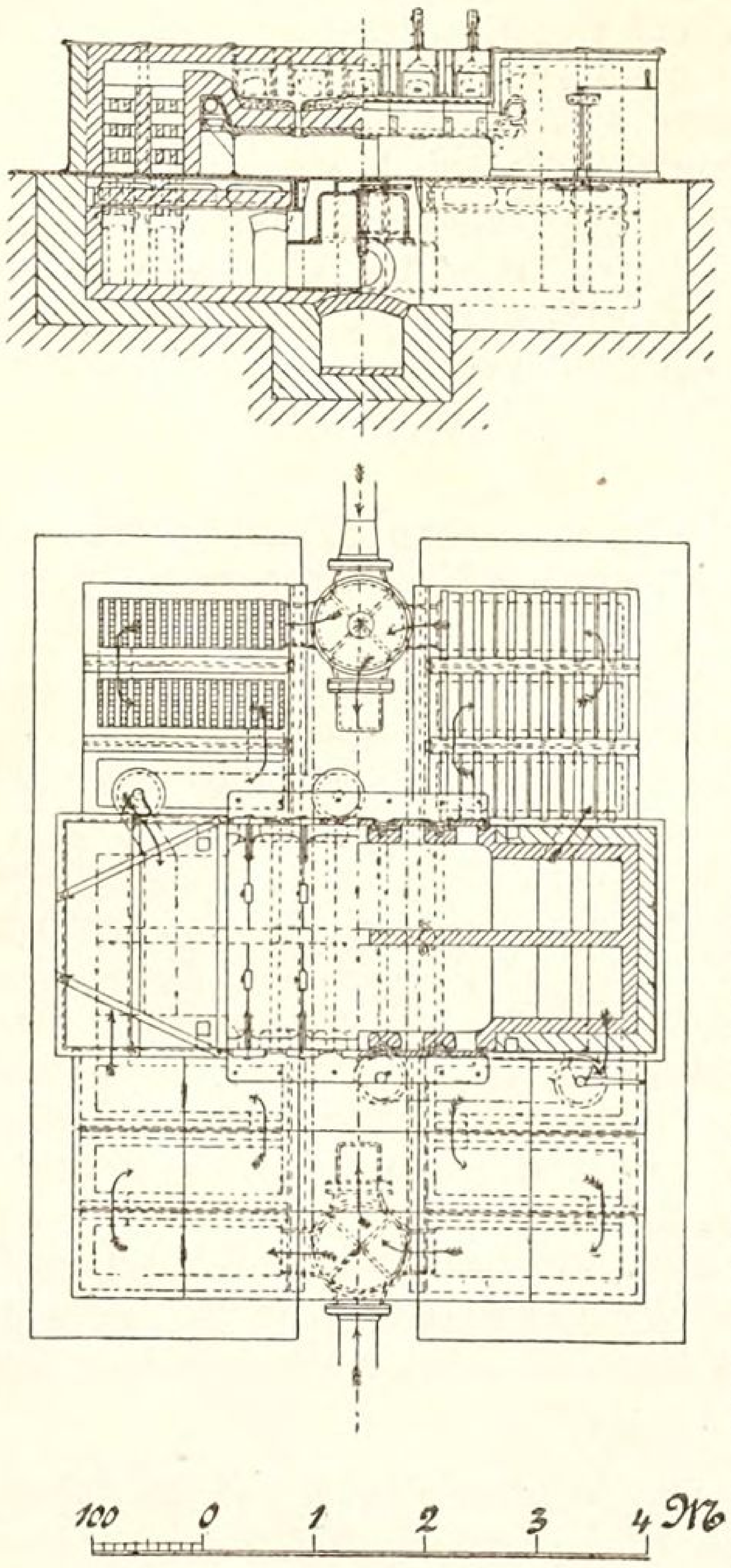
Es werden demgemäss pro Kilo 0,135 × 8080 oder 1080 Wärmeeinheiten producirt, denen 200 als wirklicher Verbrauch gegenüberstehen, so dass der Ofen fast $10/_{00}$ Effekt zeigt.

f) Ein Ofen zu Workington (Westcumberland Iron Works) zeigt, nach Jordan, ähnliche Verhältnisse wie die kleineren Oefen zu Barrow.

Man kann sich nach dem Gesagten dem Eindruck schwer entziehen, dass die Siemensöfen ungünstigere Effekte zeigen als die sonstigen Gasfeuerungen.

Es wird noch weiterer Untersuchungen bedürfen, um den Einfluss der Massen auf den Gang der Oefen und ihren sogenannten Effekt klarzustellen, denn es ist augenscheinlich, dass ein Ofen von 10 cbm erhitztem Mauerwerk mehr Wärme absorbirt als ein gleichviel leistender Apparat von nur 7 cbm Mauerwerk, und dass gleichzeitig eine gewisse Abhängigkeit von dem Verhältniss zwischen der Aussenflächensumme und dem Inhalt vorhanden sein muss.

Fig. 127a



Es sind dies nur Andeutungen, die der Verfasser vielleicht weiter verfolgen wird.

§ 800. Das Kapitel der Schweiss- und Wärmöfen wird durch einige Beispiele am besten zu schliessen sein, welche Ausnahmefälle oder, besser gesagt, besondere Fälle in der Anwendung von Brennstoffen betreffen.

Die Fig. 127a und 127b stellen einen Schweissofen dar, der in gleicher oder ähnlicher Weise betrieben wird wie der Martinofen zu Domnarfvet (vgl. Wittenström in Jernkontorets Annaler 1879 und danach diesen Band Fig. 103a, S. 534), nämlich mit Gas aus nassen, verrotteten Sägespänen, welche im Generator Fig. 109 vergast werden.

Die Einrichtung ist ähnlich wie bei dem Martinofen. Das Gewölbe erstreckt sich in geradliniger Richtung über den flach ausgemuldeten Herd fort, welcher an zwei Stellen Durchbrechungen nach unten zum Ablaufen des Sinters und der Schlacken hat.

Die Regeneratoren sind theils vor und hinter der Ofenfront, theils im Ofen selbst. Die Wechsel sind jederseits des Ofens zwischen den letzten Abtheilungen der vorgelegten Regeneratorenkanäle. Wie der Grundriss Fig. 127a angibt und durch die eingezeichneten Pfeile andeutet, geht augenblicklich das Feuer von links nach rechts durch den Ofen.

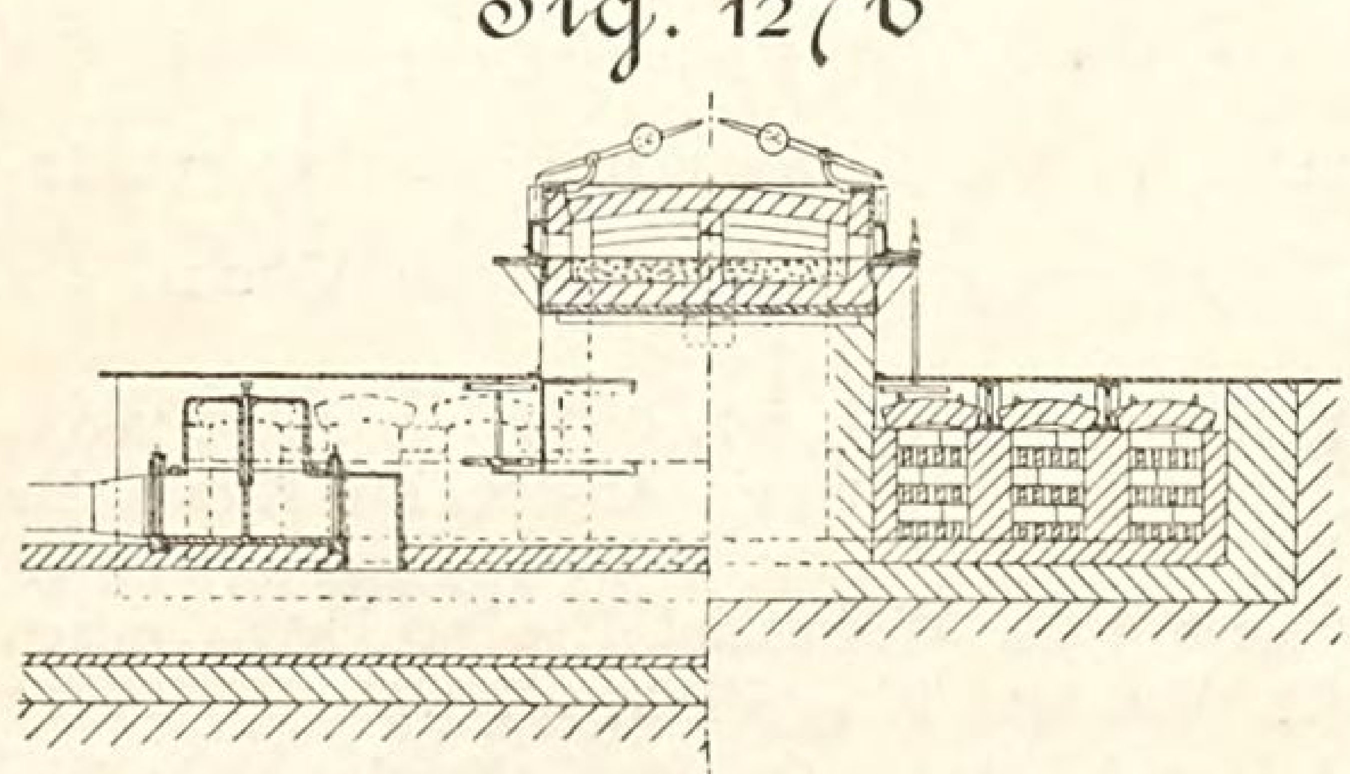
Gas und Luft ziehen zuerst vom Wechsel durch eine liegende, mit Steinen ausgesetzte Kammer, dann zurück durch eine zweite, dann wieder nach dem Ofenende durch eine dritte kanalartige Kammer; dann treten sie in die aufrechten Regeneratorenschächte und über die Feuerbrücke nach dem Herdraum.

Die Kammern sind mit Gewölbstücken gedeckt, über denen der Eisenbelag der Hüttensohle sich befindet, der auf Trägern über den Kammerzwischenwänden festgelagert ist.

Die Steuerungsapparate bestehen in einer Kurbel und Scheibe an jeder Ofenlangseite; doch sind die Zugketten der beiden Wechsel so verbunden, dass einer nicht, ohne den anderen zu bewegen, gedreht werden kann.

Die Feuerbrücken sind stark gekühlt und der ganze Herd ruht frei auf Unterzügen und Stützen, ohne anderes als die Seitenwände zu belasten. Nur die Feuerbrückenwände ruhen auf dem die Regeneratorenkanäle deckenden Eisenplattenbelag, sind aber so wenig massig, dass ein starker Druck unmöglich daraus resultiren kann.

Fig. 127b



Die Regeneratoren sind nach dem Wechselkanal zu nur mit Mauerwerk zugesetzt und können von da aus nachgesehen und ausgebessert werden.

Die sonstigen Einrichtungen entsprechen dem früher schon beschriebenen Martinofen (S. 534, § 561). Ebenso gilt das bezüglich des Generatorenbetriebes daselbst Gesagte auch für die Anwendung desselben auf die Beheizung des Schweissofens.

§ 801. Im Anschluss an das Vorgetragene mag gestattet sein, noch einige Constructionen von Schweiss- und Vorwärmöfen zu besprechen, die für bestimmte Kohlenqualitäten, d. h. sehr gasreicher Art, Verwendung gefunden haben und sich theils an das Princip von Boëtius, theils an das von Bicheroux bezüglich der Luftvorwärmung anschliessen.

Der mit einem ziemlich geräumigen Schweissofen (von 2,960 m Herdlänge auf 1,88 m Herdbreite) direkt verbundene Generator Fig. 128a ist für sehr gasreiche, absolut nicht backende Kohlen auf einem oberschlesischen Eisenwerk construirt worden und funktionirt aufs Beste.

Man hat, wie aus der Zeichnung hervorgeht, sich von der gewöhnlichen Generatorconstruktion der Halbgasfeuerungen emancipirt und einen ziemlich hohen Treppenrost mit einem nicht eben kleinen Planrost combinirt.

Es ist dadurch eine verhältnissmässig grosse, luftberührte Fläche entstanden, welche zur Darstellung eines ziemlich heissen Gases wohl Veranlassung geben dürfte. Die Kohlenschütthöhe wird, den eingeschriebenen Maassen nach, nahezu 1,5 m betragen, während die Rostlänge in der Horizontalprojektion, sowie der Ofenaxe nach gemessen, 1,77 m beträgt.

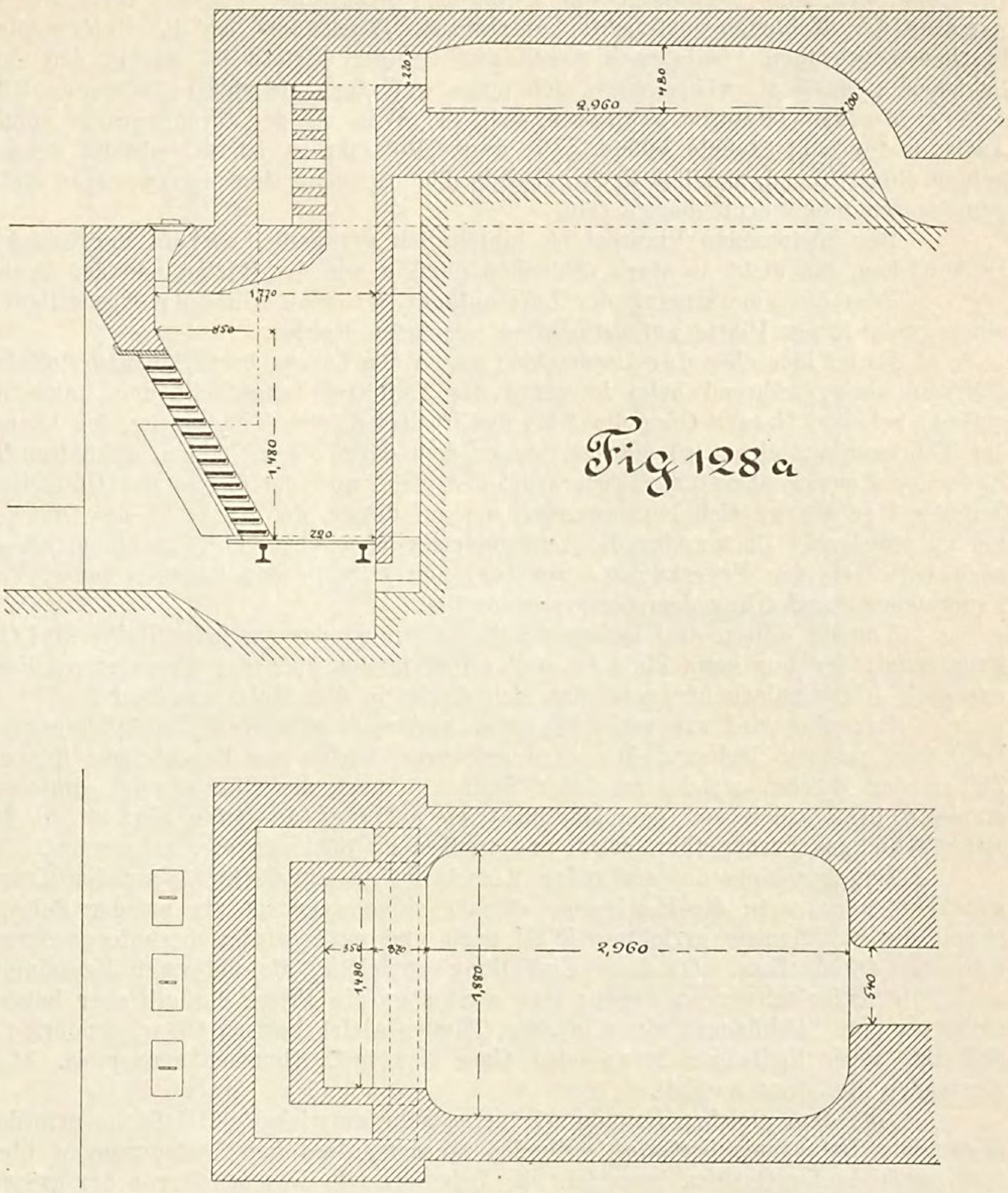


Fig 128 a

Der Kohleneinwurf ist an der Rückseite des Generators gerade über dem Anfang des Treppenrostes gelegen und besteht aus drei breiten, aber wenig weiten Schlitzen, die aussen mit Deckeln verschlossen sind. — Die Luftvorwärmung geschieht, den beiden Skizzen nach, von zweierlei Stellen des Eintrittes aus. Ein Luftstrang tritt rechts und links vor den Wangen des Treppenrostes in die Wände des Feuerkastens und streicht nach oben. Ein anderer Strang tritt unterhalb des Planrostes in die Feuerbrückenwand und streicht nach oben in entsprechend geführten, d. h. im Zickzack hin und her laufenden Kanälen, bis ein hoher und dadurch ausreichend geräumiger Sammelkanal die heisse Luft an der Flammenkammer vorbei in den Vertheilungsraum führt, von wo sie in zahlreichen Strömen in den aufwärts ziehenden Gasstrom tritt und dessen vollständige Verbrennung vermittelt.

Auf eine Herdfläche von fast $5^1/_2$ qm kommt eine Feuerfläche von etwa $2^1/_2$ qm, also knapp die Hälfte, was eben auf gasreiche Kohlen hinweist, im Gegensatz zu manchen der im Vorhergehenden geschilderten Bicheroux- und Boëtiusfeuerungen.

Auf den oberschlesischen Werken findet man an verschiedenen Stellen ähnliche Generatoren auch da in Thätigkeit, wo sich Oefen mit vollständiger Regeneration anschliessen.

Es ist allerdings bei dieser sehr hohen Schüttung anzunehmen, dass die verfeuerten Kohlen nicht ausschliesslich aus Kleinkohlen, sondern aus einem Gemisch von Stück- und kleinen Kohlen bestanden haben.

§ 802. Für Braunkohlengas eingerichtet ist die in den Skizzen 128b genau dargestellte Rollofenanlage mit anschliessender Feuerung eines stehenden Dampfkessels vom Walzwerk der Südbahn in Graz, welche, wie vieles reiche Material, dem Verfasser durch den Herrn Direktor Prochasca in dankenswerthester Weise zur Verfügung gestellt worden ist.

Der an den Ofen unmittelbar anstossende Generator schliesst sich in seiner Construktion und Bauart den Fig. 51 und 53, S. 374 und 376, dargestellten Braunkohlenfeuerungen steyrischer Puddelöfen an, nur ist natürlich die räumliche Entwickelung des Rostes eine andere. Derselbe ist in die Breite gezogen und hat dagegen ein grösseres Stück an durchbrochener Fläche eingebüsst. Der Staffelrost ist in der That auf ein Drittel der ganzen schrägen Rostfläche zusammengeschrumpft und besteht zu oberst aus einer steinbedeckten schrägen Fläche, die sich mit ihrer Armatur unmittelbar an die Armatur der Kohleneinwurftrichter anschliesst. Rückwärts ist die Unterlagplatte dieses nicht durchbrochenen schrägen Theils noch durch zwei in der Mittelwand wie in den Seitenwänden aufgelagerte Schienen unterstützt, während sie sich unten auf einen rhombisch geformten Kühlkasten aufsetzt.

An den letzteren schliessen sich die Wangen der Treppenroste unmittelbar an, welche das Auflager für acht Staffeln bilden. Die ganze Rostschräge ist, der absolut trocknen Qualität der Braunkohlen entsprechend, ziemlich flach gehalten, könnte sogar, den anderweitigen Erfahrungen mit Bicherouxgeneratoren nach, noch flacher sein.

Der anstossende Planrost ist hinlänglich geräumig, um die Vergasung der letzten Rückstände zu bewirken, die nicht so stark schlacken dürften wie die Rückstände der Braunkohlen.

Was die Vorwärmung der Luft anlangt, so erfolgt dieselbe wesentlich unter der Sohle des auf einer gusseisernen Platte aufgestampften geneigten Herdes.

Es ist hier aber der Unterschied gegen den bereits beschriebenen Rollofen Taf. XXXII*) hervorzuheben, dass, während beim letzteren der Luftstrom ungetheilt den Raum unter dem Herde durchströmt, bei dem Grazer Ofen die Luft am Fuchsende der Thürenseite des Ofens (derselbe ist bezüglich der Thürenanlage einseitig) eintritt, bis zu dem durch einen hohlen, gekühlten Träger gekennzeichneten Ende des Raumes nächst der Feuerbrücke streicht und um die in der Ofenmitte unter dem Herde hinlaufende Mauerzunge sich herumwendet, um auf dieser, der Rückseite des Ofens, wieder nach dem Fuchs hin zu wandern. Dort steigt die Luft nunmehr nach oben, läuft in einem Kanal der Rückwand wieder nach vorn, an der Feuerkammer vorüber, und tritt in den Sammel- bezw. Vertheilungskanal vor der Feuerkammer und über dem Generatorgewölbe.

Von da führen drei Reihen Schlitze übereinander (in jeder Reihe fünf Oeffnungen) in den ersten Feuerraum, der nur ganz klein ist und sofort in das über der Feuerbrücke liegende, etwas zusammengezogene Flammenloch übergeht, das sich direkt in den Heizraum öffnet.

Derselbe wird von sechs kleineren und zwei grösseren Thüröffnungen, sämmtlich an der einen Langseite gelegen, bedient. Die zwei grösseren, nächst der Feuerbrücke liegenden Thüren dienen zum Ziehen der Blöcke, welche an jeder Stelle, je nach der Giesswärme, eingesetzt werden können. Sie stammen bekanntlich von dem Martinbetrieb her (vgl. den Ofen Fig. 98, S. 523), der auch mit dem Braunkohlengas durchgeführt wird, und werden zu Schienen etc. ausgewalzt.

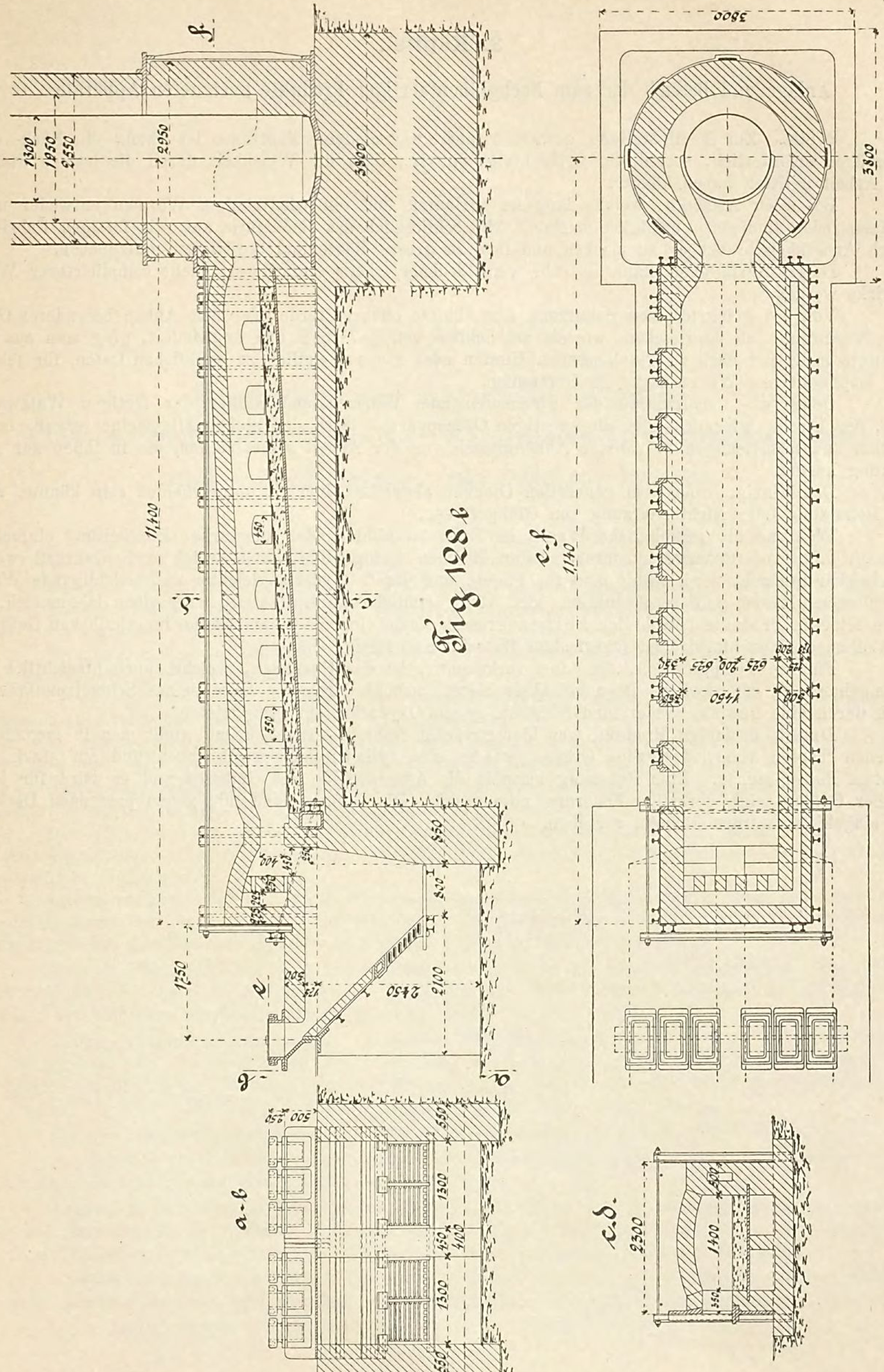
Der Anschluss des stehenden Kessels ist so eingerichtet, dass der Kesselfuss auf der dem Ofen zugekehrten Seite in die Herdmasse stärker eingelassen ist als an der Seite, wo dieser zum Schutz gegen die Stichflamme errichtete Wall nach und nach wieder heruntergezogen ist bis zur ungefähren Höhe des Ofenfuchses. Ob diese Einhüllung ausreicht, die untersten Kesselplatten gegen Verbrennung zu schützen, ist schwer zu sagen; man wird aber die Frage deshalb eher bejahen können, weil es sich nicht um eine Stichflamme eines in allen Theilen gleich heissen Ofens, sondern um die stark abgekühlten und nur noch theilweise brennenden Gase des incl. Flammenkammer ca. 11,5 m bis zur Kesselaxe messenden Rollofens handelt.

Aus dem gleichen Grunde wird eine sehr entwickelte Heizfläche erforderlich sein und damit die allgemeine Erfahrung bestätigt gefunden werden, dass bei Gasfeuerungen überhaupt und bei Kesselfeuerungen hinter Gasöfen besonders die Leistung sehr wesentlich von der grösstmöglichen Entwickelung der Wärmeübertragungsfläche abhängt.

§ 803. Die genannten Beispiele mögen genügen, um die Construktion und den Bau von Schweiss- und Wärmöfen zu erläutern. Es gibt natürlich noch eine sehr grosse Anzahl von Heizanlagen, welche, zu ganz speciellen Zwecken dienend und auf der Anwendung besonderer Brennstoffe beruhend, von den geschilderten in der Construktion abweichen.

So wendet man z. B. das Petroleum in Pennsylvanien zur Heizung verschiedener Schweissöfen an und diese Anwendung bedingt ganz besondere Constrüktionseigenthümlichkeiten der Oefen. Es findet sich Veranlassung, bei der Besprechung der speciellen Betriebseinrichtungen für Einzelfabrikationen auf diese Ausnahmefälle zurückzukommen und, soweit es von Wichtigkeit ist, die Grundsätze ihrer Construktion zu berühren.

*) Bei der Beschreibung dieses Ofens § 792, S. 707, ist die Tafelnummer anzugeben übersehen worden.


Fig 128 b
a-b
c-d
e-f
3800
3800
11,400
1,140
1300
1950
2550
2950
2450
2100
1750
550
1400
2300

3. Kapitel.

Anlage und Betrieb der zum Nachglühen fertiger Produkte geeigneten Apparate.

§ 804. Zur Fertigstellung gewalzter und geschmiedeter Fabrikate ist häufig ein Nach- oder Ausglühen erforderlich, sobald die Befürchtung eintritt, dass die Weichheit durch die letzten Stadien der Arbeit gelitten haben könnte.

Bei allen Arbeiten, welche langsam verlaufen und ein wiederholtes Wärmen entweder nicht zulassen oder theilweise erfolglos machen, tritt schliesslich das Bedürfniss auf, die fertigen Fabrikate durch Ausglühen brauchbar zu machen und ihre zu grosse Härte und Sprödigkeit aufzuheben.

Dieses Nachglühen kann in sehr verschiedener, theils einfacherer, theils complicirterer Weise bewirkt werden.

Von der gelegentlichen Benutzung der Abhitze offener Herde oder dem Anbau besonderer Glüh- und Wärmräume an dergleichen, wie sie am Schluss von § 773, S. 691 angedeutet, ging man aus und gelangte nach und nach zu geschlossenen Herden oder Feuern, endlich zu wirklichen Oefen, für feinere und empfindlichere Waare sogar zu Gefässöfen.

Ueber die Construktion der Flammöfen zum Wärmen und Glühen der fertigen Walzwaare, z. B. der Bleche, wie auch über die sonstigen Glühapparate, lässt sich nichts Allgemeines sagen, da sie in Bau und Abmessungen in vollster Abhängigkeit von der Arbeit selbst stehen, die in ihnen zur Ausführung kommt.

Das Einzige, was, vom generellen Ofenbau abgeleitet, hier zu unterscheiden sein könnte, wäre die Benutzung oder Nichtbenutzung von Glühgefässen.

Während die gewöhnliche Waare im Falle zu kühler oder zu starker Bearbeitung einfach in offenen, d. h. von Feuergasen durchströmten Räumen nachgeglüht, d. h. weich und eventuell weiter bearbeitbar gemacht wird, wählt man für feinere und durch Oxydation leichter zu beschädigende Waare geschlossene Räume mit beschränktem oder völlig gehindertem Luftzutritt. Dieselben lassen sich, da diese feineren Produkte gewöhnlich keinen grossen Raum einnehmen, am besten innerhalb von Gefässen herstellen, die aus hinreichend feuerfestem Material angefertigt sind.

Für die Temperaturen, die dabei vorkommen, ist das Gusseisen, welches auch hinsichtlich der Formgebung die erforderliche Bequemlichkeit bietet, sowohl durch die Lage seines Schmelzpunktes als auch durch eine gewisse Widerstandsfähigkeit gegen Oxydation am geeignetsten.

Draht, dasjenige Produkt, was hier zunächst wohl in Frage kommt, glüht man in gegossenen eisernen Töpfen von bedeutender Grösse, welche eine cylindrische Gestalt haben und auf stark verripptem Boden stehen. Eine Feuerung umspült die Aussenwände des Gefässes und es wird für jedes solcher Gefässe eine derartige Feuerung angeordnet. Die Gefässe sind mit genau passenden Deckeln, die eingekittet werden können, versehen.

Dritter Abschnitt.

Einrichtung und Betrieb der Hämmer: Einfache und leichte Hämmer, Wassergeschläge, Riemen-, Luft- und Dampfhämmer; als Anhang: Pressen.

§ 805. Unter Hammer versteht man einen bewegten schweren Körper, der stossweise auf das zu bearbeitende Arbeitsstück wirkt, welches auf einer festen Unterlage, dem Amboss, ruht.

Man will durch diese Bearbeitung, wie bereits angedeutet, gleichzeitig eine Formveränderung und Verdichtung des Metalls herbeiführen, abgesehen von dem beim Abzängen der Rohprodukte beabsichtigten Auspressen der Schlacke.

Man unterscheidet gewöhnlich zwei Arten von Hammerconstruktionen, je nachdem die Bewegungslinie des schweren Körpers gestaltet ist.

Entweder beschreibt der mittelst einer starren Verbindung um eine horizontale Axe schwingende Körper einen Kreisbogen, oder er bewegt sich geradlinig.

Im ersten Fall steckt der Körper auf dem radial zur Axe angeordneten Stiel oder Helm, im zweiten Fall wird derselbe auf Gleitflächen oder in Rahmen geradlinig geführt.

Man belegt daher die Hämmer der ersten Gruppe mit der Bezeichnung Stielhämmer, während man die der zweiten Gruppe als Rahmenhämmer unterscheidet.

Die letzteren, namentlich die durch Dampf direkt betriebenen Verticalhämmer sind für das moderne Eisenhüttenwesen am wichtigsten und bilden im Betrieb der hier geschilderten Fabrikationen sehr wichtige Hilfsmittel.

Ihre Construktion und ihr Bau ist Gegenstand besonderer Sorgfalt einzelner Maschinenfabrikanten, und durch deren Bemühungen sowie die fortdauernde Mittheilung der auf den Hüttenwerken gemachten Erfahrungen hat der Bau der Hämmer eine grosse Vervollkommnung erfahren.

Im Folgenden wird nur eine Beschreibung der Systeme im Allgemeinen gegeben unter Bezugnahme auf einige verbreitete Anwendungen. Bezüglich der theoretischen Behandlung des Gegenstandes wird auf die Literatur verwiesen, die an gehöriger Stelle genannt werden soll.

Einige praktische Gesichtspunkte bezüglich Wahl und Benutzung der Systeme werden gleichfalls anzugeben sein, obschon keine Hüttenmaschine einen solchen Spielraum in der Anwendung abweichender Constructionen gestattet wie die Dampfhämmer, bei denen auch nicht in dem Maasse wie anderweitig Ansprüche auf Dampfersparniss jederzeit verwirklicht werden können.

Für die Hammerconstruktionen sind im Allgemeinen bloss zwei Rücksichten maassgebend.

Die Schläge des Hammers müssen erstens eine gewisse Intensität besitzen, der Hammer daher im Moment des Schlages die erforderliche lebendige Kraft.

Ausserdem ist verlangt, dass, da das Eisen in glühendem Zustand bearbeitet wird, in gegebener Zeit eine ausreichende Zahl Schläge erfolgen, um die Wärme des Metalls möglichst auszunutzen und den Brennstoffaufwand der nochmaligen Erhitzung zu vermindern oder ganz zu vermeiden.

Grössere Metallstücke erfordern der Regel nach intensive Schläge in langsamer Folge, während schwache Arbeitsstücke, die bald erkalten, schnell aufeinander folgende Schläge verlangen.

Diese Anforderungen beeinflussen naturgemäss die Einrichtung der Hämmer.

1. Kapitel.

Einrichtung und Betrieb der Stielhämmer.

§ 806. Das auf S. 357 u. ff. (§ 311 u. ff.) über diese Klasse von Hämmern in direkter Beziehung zu dem Frischfeuerbetrieb Gesagte wird durch die folgenden Einzelheiten vervollständigt.

Für die Construktion der Stielhämmer ist noch anzuführen, dass sich bei denselben die vorher als wünschenswerth bezeichnete Intensität der Schläge durch verschiedene Bedingungen erreichen lässt.

Die Schlagstärke hängt in ihrer Wirkung von der lebendigen Kraft ab, welche der Hammer im Moment des Auffallens besitzt.

Aus einfachen theoretischen Betrachtungen ergibt sich, dass diese lebendige Kraft, abgesehen vom Einfluss kleiner Hindernisse, gleich sein muss dem Produkt aus Gewicht des fallenden Hammerkörpers und Fallhöhe.

Weiter ergibt sich hieraus, dass für die gleichen Entfernungen des Hammerkopfes und des Schwerpunktes von der Drehungsaxe, also bei gleicher Stielconstruktion des Hammers, die Hervorbringung einer gleichen lebendigen Kraft eine Combination grösserer Hubhöhe mit geringerem Hammergewicht bezw. geringerer Hubhöhe mit grösserem Hammergewicht verlangt.

Weiter ist leicht nachzuweisen, dass bei gleicher Grösse des Produkts Gewicht $\times$ Hubhöhe die lebendige Kraft, also die Schlagstärke, abhängig ist von dem Verhältniss der Entfernungen des Schwerpunktes vom ganzen beweglichen Theil und des Hammerkopfes zu der Drehaxe.

Je weiter der Schwerpunkt von der Drehaxe sich entfernt, umsomehr nähert sich das Verhältniss der Grösse 1, während sein Werth durch einen echten Bruch bezeichnet wird, sobald die Entfernung des Schwerpunktes kleiner ist als die Entfernung des Hammerkopfes von der Drehaxe.

Daher vermindert sich die lebendige Kraft bei denjenigen Systemen, bei welchen der Helm über die Drehaxe hinweg fortgesetzt ist, z. B. den Schwanzhämmern, gegenüber denjenigen Systemen, bei denen der Helm in der Drehaxe sein Ende findet.

Bei schweren, ganz aus Eisen construirten Hämmern erhöht man die Schlagstärke häufig durch Zusammendrängen des Materials gegen den Hammerkopf, während man in gedachter Weise die Drehaxe an das andere Helmende verlegt hat.

Bezüglich der Schlagdauer ergibt sich aus einfachen theoretischen Betrachtungen weiter, dass die Beschleunigung des Fallens gross, die Dauer des Schlages dagegen klein wird, wenn der Helm einarmig ist, wenn ferner der Hammerkopf weit von der Drehungsaxe entfernt ist (wobei allerdings auch die lebendige Kraft abnimmt) und wenn das Material des ganzen Hammers mehr gegen die Drehungsaxe zusammengedrängt wird (auch im letztgenannten Fall wird die lebendige Kraft kleiner). Da diese Mittel zur Schlagverkürzung keine recht ergiebigen sind, wird eben der bereits geschilderte Reitel angewandt.

§ 807. Von den bereits früher erwähnten verschiedenen Anordnungen der Stielhämmer benutzt der Eisenhüttenbetrieb wesentlich nur die Aufwerfhämmer und diese auch nur, soweit Frischhütten und eventuell daran sich anschliessende Kleineisenindustrieen bestehen.

Stirnhämmer, wie sie die nach englischer Chablone errichteten Puddel- und Walzhütten früher hatten, sind sämmtlich den Dampfhämmern gewichen und Schwanzhämmer werden selten in kräftigeren Dimensionen gebraucht, obschon sie bezüglich der bequemeren Zugänglichkeit grosse Vorzüge haben. Sie sind namentlich geeignet, eine grosse Anzahl leichterer Schläge zu geben, und werden deshalb zur Darstellung kleinerer Eisensorten und diverser Eisenwaaren bevorzugt. Aus diesem Grunde findet man da, wo überhaupt dieses System vorgezogen wird, zweierlei Grössen vor, je nachdem der Hammer zum Zängen der Deule oder zum Abschmieden der fertigen Waare benutzt werden soll.

von Hauer gibt z. B. in seinem Werk: Hüttenwesensmaschinen, S. 298, zwei Reihen von Abmessungen und Grössen an. Es betragen

	für den Frischhammer:	für den Streckhammer:
die Hubhöhe	0,48 m	0,32 m
„ Zahl der Schläge pro Minute .	120	200
„ Hebelarmlänge des Kopfes . .	3,2 m	3,2 m
„ ganze Länge des Helmes . . .	4,8 m	4,8 m
das Gewicht des Hammerkopfes . .	220—360 Kilo	80—170 Kilo
die Geschwindigkeit der Hebedauer .	1,3 m	1,3 m
„ Betriebskraft	15—21 Pfkr.	13—18 Pfkr.

Für die Aufwerfhämmer, deren Wirkungsgrad etwas grösser ist, wird die Hubhöhe auf 0,50 bis 0,70 m, die Zahl der Schläge auf 80—100 pro Minute (ein Maximum), das Gewicht des Hammerkopfes auf 220—280 Kilo und die erforderliche Betriebskraft auf 10—12 Pfkr. angegeben (a. a. O., S. 312).

Bezüglich der besten Constraktionen und Ausführungen ist ausser auf das von Hauer'sche Buch noch besonders auf von Tunner's Werk: Der wohlunterrichtete Hammermeister*) hinzuweisen, das alles Wissenswerthe über diesen Punkt in möglichster Vollständigkeit enthält.

Für currenten Betrieb ist das früher erläuterte eiserne Hammergerüst (S. 357 u. ff.) immer als eine der besten, weil am compendiösesten und festesten, Construktionen erachtet worden. Die meisten sonst bekannten Gerüste zeigen trotz der Aufwendung colossaler Holzmassen doch nur relativ unsichere Stabilität und unruhigen Gang.

Das Angeführte wird genügen, um diese für die Grossindustrie mehr und mehr bedeutungslosen Apparate zu charakterisiren, da die vorhandene Literatur für den Nothfall alles Erforderliche enthält.

2. Kapitel.

Einrichtung und Betrieb der Rahmenhämmer.

§ 808. Die heutzutage angewandten Rahmenhämmer sind hauptsächlich Dampfhämmer, d. h. solche, bei denen die Hebung des Hammers, unter Umständen auch die Beschleunigung des Niederganges durch Dampf bewirkt wird.

Die sonst noch bekannten Arten der Bewegungsursachen, wie sie z. B. J. von Hauer in seinen „Hüttenmaschinen" aufzählt, Stempelhämmer mit Daumenbewegung, Riemenhämmer, Friktionshämmer, Hämmer mit Kurbelbewegung, Federhämmer, pneumatische Hämmer, Oelhämmer stehen in der Verbreitung weit hinter den Dampfhämmern zurück, deren Mängel in Bezug auf die in manchen Fällen nicht gerade sehr zugängliche Anordnung sie theilen, ohne die Vorzüge des bequemen und sicheren Betriebes zu besitzen.

Vor Allem zeichnen sich die vorgenannten Rahmenhämmerconstruktionen unvortheilhaft durch die Stösse aus, die beim Anheben eintreten und durch besondere Einrichtungen zu vermeiden gesucht worden sind. Nur die pneumatischen und die Federhämmer haben diese Stösse nicht. Zahl und Stärke der Schläge sind nur bei den beiden letzterwähnten Hammerarten und bei den Dampfhämmern zu reguliren.

Bei den anderen der vorgenannten Rahmenhämmer ist dies nicht möglich und man wendet daher diese anderen Systeme nur da an, wo Dampfkessel fehlen und wo zum Betrieb eines Dampfhammers zuvörderst die Erbauung einer Kesselanlage erforderlich sein würde.

Dass dies nur Ausnahmefälle sein können und wesentlich nur auf Kleinbetriebe sich beziehen, die nicht mit Dampfkraft arbeiten, macht die Kenntniss der genannten Hämmersysteme für die Eisenfabrikation im Ganzen wenig wichtig und es wird bezüglich Theorie und Einrichtung auf die von J. von Hauer in seinem Buche über Hüttenmaschinen gegebenen Daten zu verweisen sein. Derselbe behandelt die Rahmenhämmer mit Hebedaumen auf S. 321 u. ff., die Hämmer mit Riemenbewegung auf S. 324, die Friktionshämmer auf S. 325 u. ff., die Hämmer mit Kurbelbewegung auf S. 326, die Federhämmer auf S. 327 u. ff., die pneumatischen Hämmer auf S. 331 u. ff., endlich die Oelhämmer auf S. 334.

Weitere Angaben über derartige Apparate enthält Weissbach's Ingenieur- und Maschinenmechanik, Band III, sowie eine Reihe besonderer Aufsätze, welche J. von Hauer a. a. O., S. 336, zusammengestellt hat.

Im Folgenden werden nur einige Angaben über die allgemeine Einrichtung der Dampfhämmer gemacht, welche ja eine besondere Specialität des Maschinenbaues und einzelner Werkstätten geworden sind.

§ 809. Die Dampfhämmer sind von Anfang an so construirt worden, dass man den in einem verticalen Cylinder hin- und hergehenden Kolben mit dem Hammer selbst durch die Kolbenstange verband. Dadurch konnte der unter den Kolben tretende Dampf den Hammer auf die einfachste Weise heben und beim Auspuffen wieder fallen lassen.

Durch theilweises Uebertreten des Auspuffdampfes über den Kolben konnte der Fall beschleunigt und eine Art Prellschlag bewirkt, durch Drosseln des Auspuffs eine Verlangsamung des Niederganges herbeigeführt werden.

Diese einfache, bereits von Watt angegebene, doch damals nicht zur Ausführung gebrachte Idee ist auch von dem ersten wirklichen Fabrikanten J. Nasmyth in Patricroft bei Manchester bei der Construktion von seinen Dampfhämmern zu Grunde gelegt worden.

Angeblich ist nach seinen Zeichnungen der erste Dampfhammer in Creuzot ausgeführt und erbaut worden.

*) Freiberg 1858, Engelhardt (B. Thierbach).

Wie schon angedeutet, hat der Dampfhammer gegen die meisten anderen Rahmenhämmer den Vorzug, dass zur Hammerhebung ein vollkommen elastischer Körper, der Dampf, benutzt wird, wodurch alle Stösse beim Anheben fortfallen.

Auch die Transmission zwischen Arbeits- und Kraftmaschine fällt fort und die letztere steht in direktester Verbindung mit dem Werkzeug. Gegen die in Hütten üblich gewesenen Stirnhämmer, welche von der Walzwerksmaschine bewegt wurden, zeigt der Dampfhammer den nur scheinbaren Nachtheil eines erforderlichen besonderen Dampfcylinders. Der Nachtheil ist thatsächlich nur scheinbar, weil die Verbindung eines, so ungleiche und stellenweise sehr starke Schläge gebenden Apparates mit anderen Arbeitsmaschinen die letzteren sehr ungünstig beeinflussen würde.

Dass die direkte Anordnung das Schwungrad erspart, ist ein weiterer Vortheil. Die Regulirbarkeit der Intensität der Schläge und die ausschliessliche Möglichkeit grosser Leistung sind weiter als begünstigende Momente anzuführen.

Wegen der vorhin genannten wechselnden Leistungen, die dem Dampfhammer, namentlich soweit er für den Betrieb der Hüttenwerke in Frage kommt, auferlegt werden müssen, hat sich im Laufe der Zeit die Bauart wie auch die Ausführung der Einzeltheile immer mehr vereinfacht. Auch verschiedene, nach Einführung der Dampfhämmer aufgetretene Abänderungen der ursprünglichen Construktion sind wieder verlassen worden, weil ihre dauernde Durchführbarkeit durchaus regelmässige Beanspruchung voraussetzte, welche im Betrieb selten vorkommt.

Der Versuch Condie's, Brown's u. A., z. B. die erste Anordnung dahin umzukehren, dass der Hammer selbst den entsprechend verstärkten Dampfcylinder bilde, der um eine hohle feste Kolbenstange sich bewege, blieb für den Betrieb der Eisenwerke erfolglos. Die schiefen Schläge, die bei dem Abzängen nie ausbleiben, wie auch bei den sonstigen Schmiedearbeiten nie ganz vermieden werden können, wirkten bei den Condie'schen Hämmern stets sehr nachtheilig und machten fortwährende Stillstände und Ausbesserungen erforderlich.

Ebensowenig haben die bei den Dampfhämmern der gewöhnlichen Anordnung zeitweilig benutzten sehr dicken Kolbenstangen (Daelen'sche Hämmer) sich dauernder Anwendung zu erfreuen gehabt, wogegen sie bei kleineren und leichteren Hämmern für gleichmässigen Gang wohl noch angeordnet werden, um den Hammer zu führen.

Das bei den Daelen'schen Hämmern sonst noch charakteristische Moment, das Uebertreten des Hebedampfes über den Kolben und das Entstehen einer Beschleunigung des Falles (da oben die ganze Kolbenfläche, unten nur ein ringförmiger, von der dicken Kolbenstange freigelassener Raum dem Dampfdruck ausgesetzt ist), gehört dem Daelen'schen System nicht mehr allein an, sondern kommt auch bei verschiedenen anderen Systemen, z. B. den Türck'schen und Farcot'schen Hämmern und anderen, vor.

Die Hämmer mit zwei Cylindern, die horizontalen Doppelhämmer (Ramsbottom) u. A. sind ebenfalls ohne Interesse für die Eisenhüttenanlagen, bei denen man immer wieder zur einfachsten Nasmyth'schen Construktion zurückgekommen ist.

Im Folgenden werden einige wenige, aber gerade im Eisenhüttenbetrieb bewährte Constructionen beschrieben werden.

§ 810. In Fig. 129 ist ein gewöhnlicher Luppenhammer neuerer Bauart für ein Puddelwerk dargestellt; derselbe ruht auf einem geradlinig begrenzten Ständerpaar, welches auf isolirten Fundamentblöcken sich aufbaut und durch gegenseitige Verbindung der Sohlenplatten gegen das seitliche Ausweichen geschützt ist.

Die Führungen des Hammerklotzes sind jederseits auf entsprechenden, mit dem Ständer verbundenen Flügeln aufgeschraubt.

Diese Ausbildung des Hammergerüstes ist weit einfacher und haltbarer als die früher geschweiften Ständerpaare der alten Nasmyth'schen Hammeranlagen, die durch die Literatur ausreichend bekannt sind.

Die Verbindung der Ständer geschieht durch einen hohlen Kasten von Gusseisen, der sich genau an die Kopfplatte der Ständer anschliesst und in den vier Ecken mit derselben verschraubt ist. Der Innenraum dieses Kastens nimmt den Auspuffdampf auf und trägt an der einen Seite das Auspuffrohr, an der anderen den Ventilkasten (die Ventile sind in der Skizze fortgelassen). Auch steht dieser Dampfraum durch einen an den Dampfcylinder angegossenen Kanal und verschiedene Bohrungen in der Cylinderwand mit dem über dem Kolben befindlichen Raum des Dampfcylinders in Verbindung.

Der Dampf tritt zunächst durch ein Spundrohr in die erste Ventilkammer, in der sich das Zulassventil (das äusserste rechts) besonders eingeschlossen befindet. Dasselbe lässt den Dampf in den Ventilkasten treten, aus dem links vom Ventil ein schmaler und hoher Kanal nach dem dritten Ventil hinführt, welches den Zugang zum Cylinderraum unter dem Kolben vermittelt.

Das allgemeine Zulassventil wird mit Stellrad und Schraubenstange während des Betriebes geöffnet und bei Stillständen geschlossen erhalten. Die Dampfvertheilung dagegen erfolgt von der Hand durch einen Hebel und eine nach der die wechselnde und entgegengesetzte Bewegung der Ventile ver-

mittelnden Welle über den Ventilkasten gehenden, wiederum mit kurzem Hebelstück angreifenden Zugstange (in der Zeichnung fortgelassen).

Zwischen dem Zugangsventil und dem Einlassventil liegt das Auslassventil, welches dem Dampf den Austritt in den die Ständer verbindenden Kasten öffnet und sich entgegengesetzt bewegt wie das

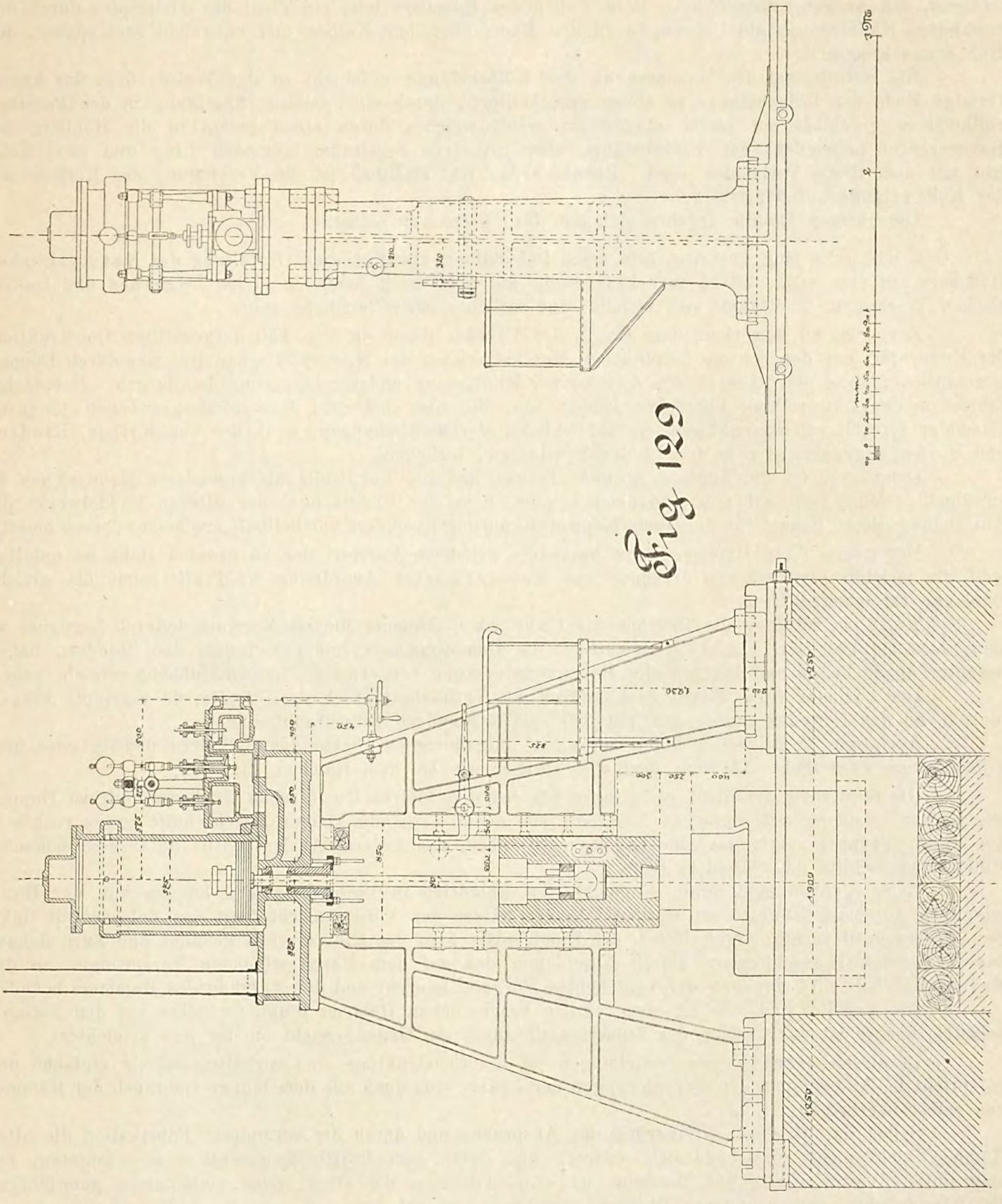


Fig. 129

Einlassventil. Der Dampf, das letztere passirend, gelangt durch einen besonderen, an die Deckplatte des Kastens angegossenen Kanal nach dem Cylinder und unter den Kolben. Derselbe steigt und drückt den Luftinhalt zu den Bohrungen heraus und durch den Seitenkanal in den Kasten, wo das Auspuffrohr erreicht wird.

Zu derselben Zeit, wo der Kolben jene Bohrungen erreicht, kommt eine selbstthätige Auslösung der Dampfzufuhr und die Oeffnung des Auslassventils zur Wirkung, falls nicht schon vorher die Handsteuerung eingegriffen.

Das Handsteuerventil verlängert sich über den Drehpunkt hinaus zu einem hakenförmig aufgebogenen Ende, welches von einem auf dem Bär befindlichen Anschlag gehoben wird und den Zulass schliesst, den Ausgang aber öffnet. Beim Fallen des Hammers tritt ein Theil des Abdampfes durch den erwähnten Kanal sowie die Bohrungen in den Raum über dem Kolben und entweicht erst später, den Hub etwas bremsend.

Die Befestigung des Hammers an der Kolbenstange geschieht in der Weise, dass das kugelförmige Ende der Kolbenstange in einem zweitheiligen, durch eine gewisse Absetzung in der Passfuge vollkommen geschlossenen Lager eingesteckt wird, welches durch einen genau in die Höhlung des Hammerbären passenden, der Kolbenstange aber grösseren Spielraum lassenden Ring und zwei Keile fest mit dem Bären verbunden wird. Ebenso sicher und reichlich ist die Verbindung des Kolbens mit der Kolbenstange auf der Oberseite.

Die übrigen Details ergeben sich aus der Skizze von selbst.

§ 811. Es mag gestattet sein, nach Behandlung einer neueren Gestaltung des Nasmyth'schen Hammers auf eine etwas ältere zurückzugreifen, die aber noch heute in vielen belgischen und französischen Werken in Thätigkeit sich befindet und manches Eigenthümliche zeigt.

Zuvor ist zu bemerken, dass Cavé, der Urheber dieser in Fig. 130 dargestellten Construktion, der Erste war, der den schwer beweglichen Muschelschieber der Nasmyth'schen Hämmer durch Doppelsitzventile ersetzte und dadurch den Anstoss zur Einführung anderer Steuerungsdetails gab. Demnächst führte er die Luftprellung über dem Kolben ein, die aber bei dem hier wiedergegebenen jüngeren Exemplar fortgelassen ist, während sie bei anderen Veröffentlichungen, z. B. der von Killer, Riedler und Sieberg gegebenen (Fig. 9—17 des Textheftes), vorkommt.

Demnächst ist die äusserst schmale Bauart und die Fundirung als besonderes Kennzeichen zu erwähnen, wobei man auf den Gedanken kommt, dass der Platzmangel der älteren Puddelwerke die Anwendung dieser Bauart für die Dampfhammereinführung besonders vortheilhaft erscheinen lassen musste.

Der gegen diese Hämmer ganz besonders erhobene Vorwurf der zu grossen Höhe ist unbillig, weil die meisten gleichstarken Hämmer von Nasmyth'scher Anordnung wohl allesammt die gleiche Baulänge erreichen dürften.

Trotzdem scheinen die Erbauer der Cavé'schen Hämmer diesem Vorwurf dadurch begegnet zu sein, dass sie, wie aus Fig. 130 ersichtlich, die Dampfhammercylinder zwischen den Ständern haben herunterhängen lassen und dadurch eine Höhenverminderung von etwa der halben Hubhöhe erreicht haben.

Der Cylinder wird allerdings hierdurch das Verbindungsstück der Ständer, da verrippte Flügelplatten, an den Cylinder angegossen, mit den beiden Ständern verschraubt sind.

Auch der Ventilkasten hängt an einer aufgegossenen Platte des Cylinders und belastet denselben, wenn auch nicht erheblich, doch viel stärker wie bei dem Hammer Fig. 129.

Die Steuerung geschieht nicht mehr wie bei den älteren Cavé'schen Hämmern mittelst Doppelsitzventilen, sondern mit einfachen Ventilen, von denen, wie ein kleiner Durchschnitt (ganz rechts in der Figurengruppe) zeigt, das eine (Zulassventil) über, das andere (Auslassventil) unter dem schmalen Einströmungsschlitz des Cylinders liegt.

Beide Ventile sind durch einen kleinen Balancier in Verbindung und können von der Hand, wie auch automatisch gesteuert werden. In der Skizze der Vorderansicht liegt das Zulassventil links, das Auslassventil rechts; durch Heben des Handventils wird das Einlassventil geöffnet und kurz danach das Auslassventil geschlossen. Durch Anschlagen des auf dem Bären sitzenden Vorsprunges an das Ende des Hebels wird dagegen der umgekehrte Vorgang bewirkt und der Aufgang des Hammers beendet.

Die Ventile sind wie bei dem vorher besprochenen Hammer durch Gewichte auf den Stangen belastet; ebenso ist das Oeffnen des Zulassventils durch ein Gegengewicht an der Axe erleichtert.

In diesen verschiedenen Beziehungen ist die Construktion eine verhältnissmässig einfache und entspricht im Allgemeinen den Anforderungen der Praxis, was auch aus dem langen Gebrauch der Hämmer von selbst hervorgeht.

Selbst da, wo durch Steigerung der Ansprüche und durch die veränderte Fabrikation die alten Hämmer nicht mehr zureichend sich erwiesen und durch neue kräftigere ersetzt werden mussten, hat man unter Auswechselung der Hammer- und Ambossbahnen die alten, noch vollkommen gangfähigen Betriebsvorrichtungen zu anderen Dingen verwendbar gemacht. So hat man sie z. B. zum Biegen und Formen der Schwellen (holländische Form) eingerichtet und dadurch die kostspieligen und schweren Pressen vollkommen entbehrlich gemacht, die auf anderen Flusseisenwerken errichtet sind.

Noch ist auf die feste Verbindung von Fundament, Amboss und Pfeiler aufmerksam zu machen, die dadurch bewirkt wird, dass sowohl der Amboss als die Pfeilerfüsse in demselben Fundamentklotz stehen.

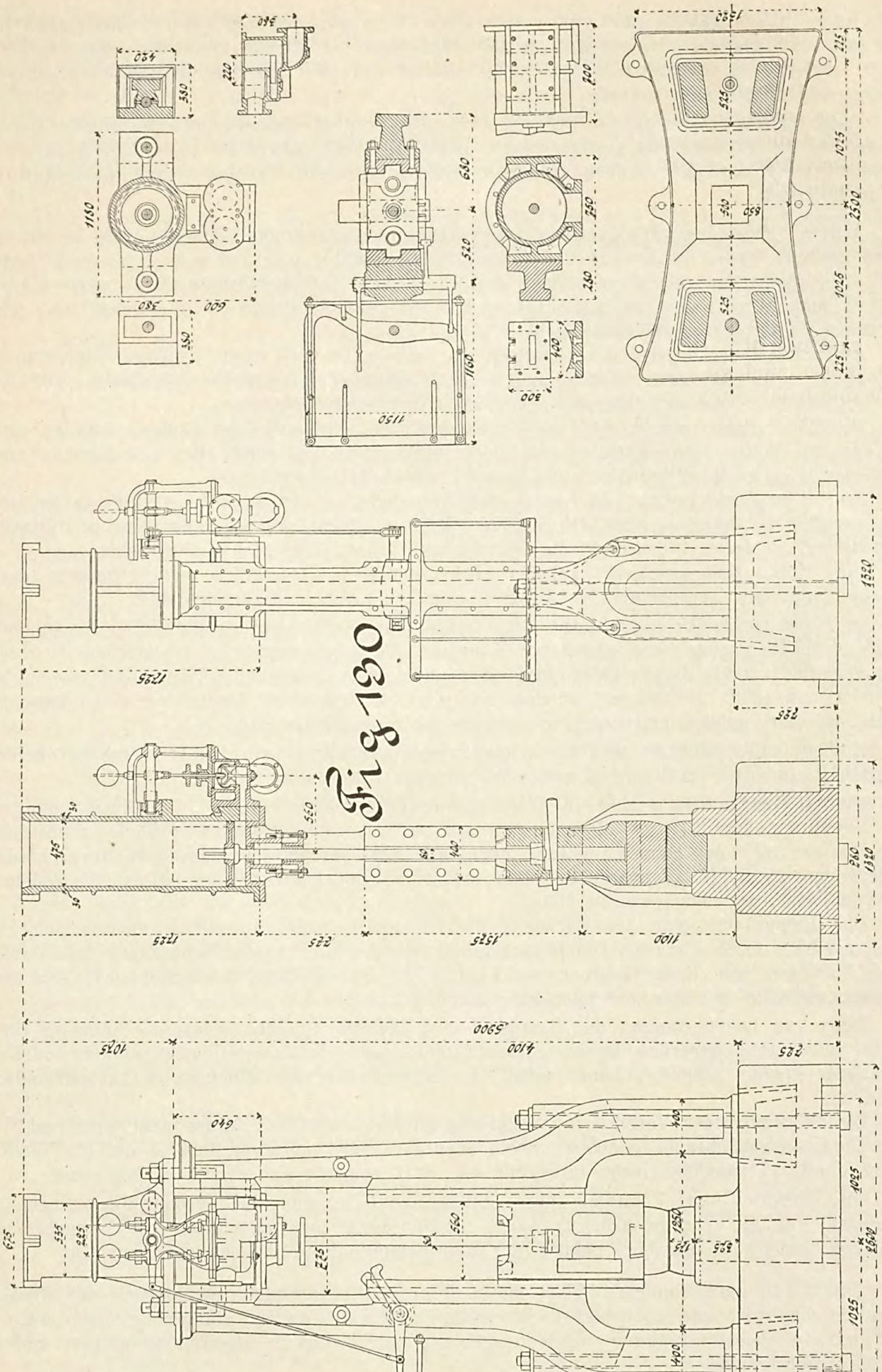


Fig 190

Jeder Pfeiler gabelt sich nach unten in zwei Füsse, zwischen denen eine starke Zugstange heruntergeht und den festen Anschluss an das Fundament vermittelt. Dasselbe steigt in der Mitte zu einer Art Chabotte aus der Sohlenebene hervor und ist von einer Höhlung durchbrochen, in welche der eigentliche Amboss eingesetzt werden kann.

Durch diesen Schluss ist ein höherer Aufbau bedingt, aber auch eine unvermittelte Uebertragung der Stösse auf die Ständer und die Maschine. Die Verbreitung sowie die Dauer der Apparate scheinen darauf hinzuweisen, dass diese Uebertragung der Stösse für gewisse Grenzen des Hammergewichts nicht sehr bedenklich ist.

§ 812. Eine der verbreitetsten Dampfhammerconstruktionen, welche auch bereits grösseren Aufgaben genügen kann, ist die auf Taf. XXXVII dargestellte von 15 Tonnen oder 300 Centner Fallgewicht. Sie stammt aus den Werkstätten der Märkischen Maschinenbauanstalt (vormals Kamp & Co.) in Wetter und ist für eine grosse Anzahl von Eisen- und Stahlwerken in gleicher oder doch wenig abweichender Gestalt zur Ausführung gebracht worden.

Auf zwei Mauerkörpern, mit denselben wie auch unter sich durch kräftige Ankerstäbe fest verbunden, ruhen zwei gegossene, durch zahlreiche Verrippungen verstärkte Sohlplatten, auf denen sich konische Blechsäulen von ausreichender Höhe und Durchmesser erheben.

Dieselben tragen einen geschlossenen Blechrahmen, der, an beiden Enden gerundet, sich an das obere Ende der Säulen gleichgestaltig anschliesst und unter sich einen über 2,5 m hohen Abstand bis zur Hüttensohle, also die Möglichkeit vollkommen freien Circulirens lässt.

Auf diesem mit Boden und Decke (mit Ausnahme der Mitte, wo der Hammerbär sich durchbewegt) versehenen rahmen- oder balkenartigen Träger satteln sich die gusseisernen Halbstützen des Dampfcylinders, an deren Innenseiten die Gleitflächen für den Hammerbär vorgesehen sind.

Ihre Köpfe sind durch ein kastenartiges gusseisernes Querstück fest verbunden, dessen Verschraubungen mit den Kopfplatten der Stützen besonders kräftig ausgebildet sind.

In dieses Querstück hinein senkt sich frei die lange und starke Stopfbüchse des Dampfcylinders und gibt der Kolbenstange eine genügende Führung. Der Cylinderboden, an welchem die Stopfbüchse sitzt, ist von innen her in den Cylinder eingelassen und darin verschraubt, während die äusseren Flanschen des Cylinders zu seiner Befestigung an dem kastenartigen Querstück benutzt werden. Der betreffende Bodentheil ist stark genug, um versenkte Schraubenbolzen aufzunehmen.

Kolben- und Cylinderconstruktion bieten nichts Besonderes, als dass der Cylinder keine Dampfkanäle enthält und das Ventilgehäuse seitwärts darangeschlossen ist.

Die Steuerung wird durch ein Einströmungsventil V (Fig. 1 u. 4), ein Ausströmungsventil V_1 und ein Regulirungsventil V_2 von der Hand bewerkstelligt, und nur wenn Vollhübe nacheinander vorkommen, steuert sich der Hammer selbst, indem der am Oberende des Bärs befindliche, in der Fig. 1 neben dem Buchstaben F erkennbare Anschlag auf einen Hebel wirkt, dadurch das Einströmungsventil schliesst und das Ausströmungsventil öffnet.

Der Dampf tritt von der Rückseite über V_2 ein, passirt dasselbe, welches nach Bedürfniss drosselt, und tritt durch V in den Dampfkanal, der nach der Kolbenunterfläche führt, hebt den Hammer, bis durch Schliessen von V und Oeffnen von V_1 der Fall herbeigeführt wird, der ganz frei oder durch langsam austretenden Gegendampf gehemmt geschehen kann.

Einem zu hohen Steigen des Hammers wird dadurch begegnet, dass der Hammer bei Vollhub sich selbst umsteuert; ausserdem ist am oberen Cylinderende ein Auspuffrohr angebracht, durch welches der drückende Dampf auspuffen kann, sobald der Kolben über die Mündung des Auspuffrohres hinaus gestiegen ist.

Die Bewegung der Ventile ist verschieden eingerichtet. Das Zulass- und Regulirventil V_2 wird durch Drehung einer Schraube gehoben, wobei aber der Hebel selbstverständlich auf die Welle, die ja auch dem Ventil V_1 zugehört, nicht aufgekeilt sein darf, sondern sich darauf drehen muss.

Die Ventile V_1 und V werden durch einen Handhebel und einen zweiarmigen Hebel (d. h. gekröpft gebaut, da die Ventile nicht in einer gemeinsamen, der Mittelebene des Hammers parallelen Ebene liegen) bewegt, so dass bei Schluss der Einströmung die Ausströmung geöffnet ist.

§ 813. In ganz ähnlicher Weise sind mehrere der bekannten Riesenhämmer der Firma Krupp und Anderer construirt und es gestattet der weite Aufbau der ganzen Anordnung die grösste Zugänglichkeit und die freieste Bewegung um den Amboss, welche für die Herstellung grosser und schwerer Stücke sehr wichtig sind.

Es ist öfters die Rede davon gewesen (obschon eine entsprechende Ausführung nicht bekannt geworden ist), für mehrere Hämmer eine gemeinschaftliche Aufstellung oder Aufhängung auf einer hinlänglich starken Brücke anzuordnen, welche auf zwei mächtigen Pfeilern an ihren Enden ruhen oder auch in den entsprechend verstärkten Wänden des Schmiederaumes eingelagert sein sollten.

Durch passende Steuerungsorgane, Anwendung von Luft- oder Dampfpuffern hoffte man, die Stösse auch für eine derartige lange Brücke unschädlich zu machen, deren Verhältnisse naturgemäss sich nach denen der schwersten aller darauf placirten Apparate richten müssten.

Einen besonderen Vortheil erblickten die Urheber dieser Anordnung und Aufstellung ganz besonders in der weitgehenden Unabhängigkeit des Hammers von dem Amboss, der auch bei dem weitesten Abstand der gewöhnlichen Pfeilerconstruktionen und bei aller Sorgfalt der Isolirung doch stets auf die Stabilität und die Verbindungen in den Pfeilern oder Stützen nachtheilig, d. h. erschütternd und lockernd einwirkt.

Diese Einwirkung ist bei einer reihenweisen Aufstellung der Hämmer ganz ausgeschlossen, namentlich wenn die Pfeiler, welche die Brücke tragen, selbst bogenartig construirt sind, so dass auch der nächste Amboss keinerlei Wirkung äussern kann.

Diese Wirkungen haben bei den ganz grossen Hämmern ja bereits einen Umfang und eine Ausdehnung erreicht, welche zu besonderen Maassregeln bei Anordnung und Bau der Hämmer zwangen, ohne dass es gelungen wäre, die Fortpflanzung der Schlagwirkungen überhaupt aufzuheben.

§ 814. Einen wesentlichen Theil der Vorsichtsmaassregeln zur Bekämpfung der Nachtheile der Hammerwirkung bildet die Anordnung und der Aufbau der Ambossunterlage und Fundirung.

So wie der Schmiedeamboss in einem schweren Holzklotz befestigt ist, dabei an sich schon ein bedeutendes Vielfaches des Hammergewichts an Eisen darstellt, so besteht jede Ambossconstruktion der mechanisch bewegten Hämmer aus massiven Metalltheilen und aus elastischen Unterlagen, obschon die letzteren nicht mehr so stark hervortreten wie der Baumklotz des Schmiedeambosses.

Schon der von Wasserrädern getriebene Hammer der Frischfeuer hat zwei Metallstücke, die ineinander und im Baumstamm stecken, der den Amboss trägt.

Der Amboss selbst, kaum halb so schwer wie der Hammerklotz, steht in einer dickwandigen kastenartigen Hülse, der Chabotte, welche ganz in den Rundstamm eingelassen ist. Durch Keile, die zwischen die Innenwände der Chabottehöhlung und die Ambossseiten getrieben werden, ist eine genaue Einstellung des eigentlichen Ambosses möglich, so dass die Bahn desselben mit der Hammerbahn genau zusammenfällt, beziehungsweise derselben parallel ist. Die Aufkeilung des Hammers vervollständigt die genaue Einstellung.

Bei den zum Luppenzängen verwendeten, 3—4 Tonnen schweren Stirnhämmern, welche mit geringer Hubhöhe und sehr langsamem Wechsel arbeiteten, bestand der Amboss bekanntlich aus einem vielleicht 6—8 Tonnen schweren Gusseisenwürfel oder -cylinder, der in ähnlicher Weise wie die Lager etc. des zugehörigen Schwungrades und der Transmission fundamentirt war, d. h. mit zwischengelegtem Rostbelag aus vierkantig behauenen Hölzern.

Bei den Dampfhämmern, die ja von vornherein mit grösserer Fallhöhe und sehr bald gesteigertem Gewicht sowie mit Oberdampf etc. arbeiteten, erwiesen sich die seither bei Hämmern ausreichend befundenen Fundamentirungen als nicht mehr genügend.

Ganz leichte, für die gewöhnlichen Zwecke errichtete Hämmer zeigen, wie Fig. 131 beweist, kräftige Ambosschabotten aus einem Stück, das man auf über 10 Tonnen veranschlagen kann, und welche zu unterst auf einem Doppelrost von gekreuzten vierseitigen Hölzern, die durch je drei Zugstangen aneinandergezogen werden, aufruhen. Darunter befindet sich ein Stein- oder Mauerklotz, den man später auch aus Cement herzustellen gelernt hat.

Die Sohlplatte der Stützen umgibt den durchragenden Chabottenklotz ganz frei, welcher naturgemäss mit Hüttengrund umschüttet wird, der sich nicht zu stark zwischen Chabotte und Stützenfundament setzen darf.

Eine Chabottenconstruktion und -fundirung für grössere Hämmer bietet die Zeichnung des 15-Tonnenhammers auf Taf. XXXVII. Dieselbe ist wohl ohne Erläuterung verständlich.

§ 815. Bei den schwereren und den ganz grossen Hämmern hat man die Masse der Chabotte und ihrer Unterlagen mehr und mehr vergrössert und dieselbe ungetheilt gelassen. Dadurch wurde es unmöglich, diese Blöcke zu transportiren, und mehr und mehr trat der Guss an Ort und Stelle in den Vordergrund, eine Aufgabe, welche dem Käufer des Hammers, nicht dem Fabrikanten von selbst zufiel.

Der Guss solcher Chabottenstücke ist an sich nicht schwierig, da an die Qualität des Gusses weder hinsichtlich des Materials noch hinsichtlich der äusseren Beschaffenheit besondere Ansprüche gemacht werden. Das Einzige, worauf gesehen werden muss, ist die Abwesenheit sogenannter Schweissstellen, d. h. solcher Stellen, wo sich auf dem die Form allmälig füllenden Giessmaterial eine Erstarrung und eine Gusshaut gebildet hat, welche dann zu Ablösungen Veranlassung geben kann. Auch ist auf vollkommene Abwesenheit von Saughöhlen und Lunkern Rücksicht zu nehmen und der Inhalt der (offenen) Form möglichst gegen Abkühlung zu schützen, dadurch z. B., dass man die Fläche des Eisens mit Kohlen bedeckt erhält.

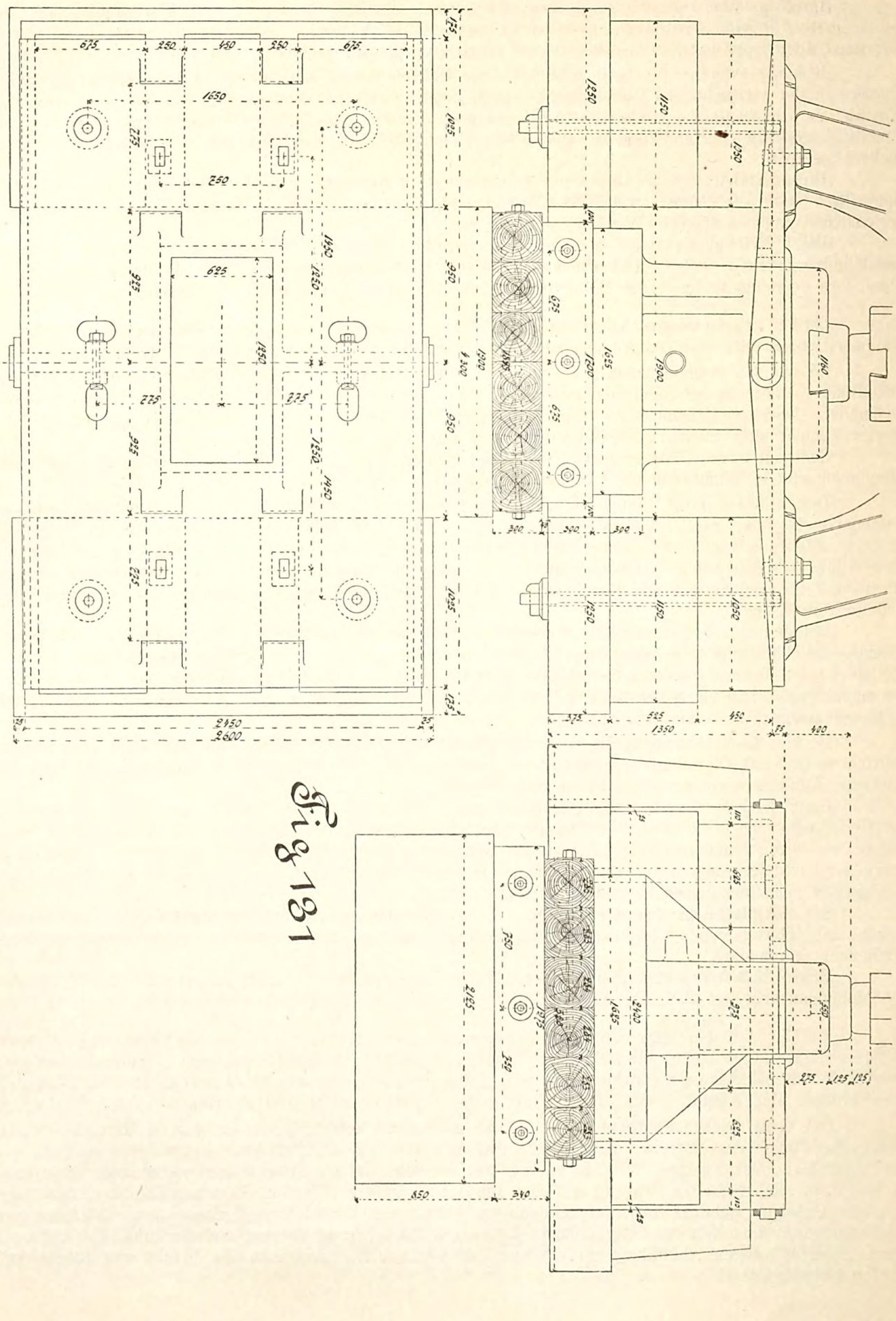


Fig 181

Endlich ist betreffs der Eisenqualität von sprödem Material möglichst abzusehen und der Satz aus halbirtem oder feinkörnig grauem Material zu bilden, um bei so langsam erstarrenden Stücken eine zu grobkörnige Textur zu vermeiden.

Bezüglich der Schmelzapparate glaubte man anfänglich, eine rapide Füllung der Form im Auge behalten und so viel flüssiges Eisen beim Abstich bereit halten zu sollen, als die Füllung der ganzen Form erforderte.

Dadurch wurde ein grosses Aufgebot von Schmelzapparaten erforderlich, und es wurde sehr schwer, die Bereitschaft der Oefen und die der Formen gegenseitig so abzustimmen, dass Alles gut klappte. Sehr häufig trat die Nothwendigkeit ein, die Oefen zu treiben, es gab Riemenbrüche, Stillstände etc., und die ersten derartigen Güsse bildeten schwere Aufgaben ohne bequeme Lösung.

Nach und nach lernte man von einzelnen mit dem Guss von schweren Chabotten sich speciell befassenden Werkstätten und Giessern (in erster Linie W. Ireland in Manchester), dass es nur darauf ankäme, mit einem gewissen, die sofortige Erstarrung ausschliessenden Quantum zu beginnen und dann mit dem Nachfliessenlassen fortzufahren, selbstredend mit hinlänglich scharfgehenden Oefen. Schon Quantitäten von 50—75 Tons genügen für Chabottengüsse von 300—500 Tons. Gute Cokes, reichliche, aber schwach gepresste Windströme bei Vermeiden jeder Ueberhitzung sichern ein brauchbares und auch wohlfeiles Resultat. Der Kohlenverbrauch sinkt dann unter Umständen bis auf 5 Procent des Roheisensatzes herunter, gewiss ein ausreichend vortheilhaftes Verhältniss.

Die Formen sind aus Chamottesteinen aufzumauern, so dass die Oberseite des Klotzes nach unten zu liegen kommt, und entsprechend auszuwärmen, nachdem sie gut geschwärzt worden sind, um das Anbrennen möglichst zu verhindern.

Nach geschehenem Guss wird die Wochen lang dauernde Abkühlung schliesslich unter Entfernung der Form und Entblössung des rothglühenden Blockes abgewartet, ehe man daran geht, die Chabotte in ihre definitive Lage zu bringen, was häufig mit einer ganzen Reihe von Kunstgriffen geschehen muss, um jeden Unglücksfall zu vermeiden und eine sichere Aufstellung zu ermöglichen.

In den Lehrbüchern über Eisengiesserei findet man Angaben über derartige Vorgänge mitgetheilt.

Vierter Abschnitt.

Einrichtung und Betrieb der Walzwerke, einschliesslich der dazu unmittelbar gehörenden Vollendungswerkzeuge: Einfache, dreifache, mehrfache Walzwerke, Grob-, Mittel- und Feinwalzwerke, Drahtwalzwerke, Reifen- und Röhrenwalzwerke, Universal- und Stufenwalzwerke etc.

§ 816. Zur Ausführung des früher im Einzelnen geschilderten und beschriebenen Walzprocesses bedient man sich der Walzwerke und versteht darunter eine Reihe von Walzenzusammenstellungen und Gruppirungen, welche durch einen Motor bewegt werden, und welche in Bezug auf den Verlauf der Arbeit streng zusammengehören.

Ein solches Walzwerk umschliesst Alles, was zur Feststellung eines Fabrikates nothwendig ist, Vorwalzen und Fertigwalzen, daneben auch wohl noch eine Gruppe mittlerer Uebergangswalzen, sowie in manchen Fällen noch ein Paar Vollend-, Glätt- oder Polirwalzen.

Alle die in der ausführlichen Darstellung des Walzens S. 596 u. ff. dieses Bandes unterschiedenen Kalibrirungen bilden einzelne Gruppen, die in ein und demselben Walzwerk so untergebracht sein müssen, dass die Arbeitsstücke von einem Kaliber zum anderen und so fort bis zum letzten ohne grosse Zeit- und Kraftaufwände gelangen können.

Dadurch wird der Umfang des Walzwerkes, bezw. der zusammengehörenden Walzenpaare oder -gruppen abhängig von der Grösse der Umgestaltung des Walzstückes bis zum Fertigkaliber, d. h. von der Kaliberzahl, die das Stück bis zu seiner Vollendung durchlaufen muss.

Wie aus den früher ausführlich mitgetheilten Kaliberreihen hervorgeht, lässt sich die Umbildung eines Walzstückes zu fertiger Waare oft nur durch eine so grosse Anzahl von Kalibern bewirken, dass sie nicht mehr auf einer Walze untergebracht werden können. Dies ist besonders dann der Fall, wenn die Profile grössere und stärkere sind, so dass sie mehr Platz beanspruchen.

Aus diesem Grunde wird die Walzarbeit für grobe Profile, z. B. hohe T-Träger, viel mehr Walzenlänge verlangen als die für leichtere Stäbe.

Aehnlich ist es bei der Darstellung sehr dünner und langer Stäbe, Feineisen und Draht, wo auch die grosse Zahl der Durchgänge und noch andere Rücksichten die Benutzung einer grösseren Anzahl von Walzengruppen, allerdings von weit geringerer absoluter Länge als jene, verlangen.

Ausser diesen Unterschieden sind noch andere in der Zahl und Anordnung der miteinander arbeitenden Walzen anzuführen. Man arbeitet nicht nur mit einem Paar Walzen, sondern mit drei und noch mehr Walzen, bezw. Walzenpaaren. Ganz besondere Construktionen erfordert die Herstellung endlosen Eisens, der Radreifen, des Drahtes, der Bleche etc., welche im Folgenden nacheinander an Beispielen erörtert und beschrieben werden sollen, wobei die Eigenart der Produkte die Anordnung bedingen soll.

Es ergeben sich hiernach ungefähr folgende Kapitel:

1. Kapitel: Einrichtung und Betrieb der einfacheren Walzwerke für gewöhnliche Stäbe (einschliesslich der Luppenstäbe) und Handelswaare.
2. Kapitel: Einrichtung und Betrieb der Walzwerke für Feineisen und Draht.
3. Kapitel: Einrichtung und Betrieb der Walzwerke für sehr lange und starke Eisensorten. Schienenwalzwerke.
4. Kapitel: Einrichtung und Betrieb der Blechwalzwerke.
5. Kapitel: Einrichtung und Betrieb der Universalwalzwerke.
6. Kapitel: Einrichtung und Betrieb der sonstigen Walzwerke.

1. Kapitel.

Einrichtung und Betrieb der einfachen Walzwerke für gewöhnliche Stäbe (einschliesslich der Luppenstäbe) und Handelswaare.

§ 817. Eine der einfachsten Dispositionen für Walzwerke stellt die Tafel IX dar; sie enthält in den Figuren 1 u. 2 Aufrisse, Durchschnitte und Seitenansicht des Gerüstes für die Bewegungsübertragung, in den Figuren 3, 4 u. 5 die Construktions- und Aufbaudetails für die eigentlichen Walzengerüste selbst und in Fig. 6 die ganze Fundamentirung, einschliesslich der Sohlplatte, auf welche die Ständer aufgekeilt werden.

Jedes Gerüst besteht aus zwei Ständerpaaren, rahmenförmigen Construktionen, in welchen die Lagereinrichtungen für die Zapfen der bewegten Theile eingebaut sind.

Die hier abgebildeten Gerüste für eine Luppenstrasse zeigen zweierlei Bauart. Bei den Kammwalzenständern, d. h. denjenigen, in welchen die Kuppelungsgetriebe der beiden Walzenaxen liegen, ist der Ständer getheilt und besteht aus zwei auf der hohlen als Fussplatte dienenden Masse aufstehenden Pfosten oder Säulen, welche zwischen sich den nöthigen Raum zum Einführen der Walzenzapfen und zum Unterbringen der Lagerstücke freilassen. Ihre oberen Enden werden durch ein deckelartiges Querstück oder Kappe verbunden, welches genau aufgepasst ist und durch Zugschrauben festgezogen werden kann. Beide Ständer sind gegenseitig durch vier in der Fig. 1 durchschnitten gezeichnete Rundeisenstäbe mit Wulsten verbunden, die so genau eingestellt werden müssen, dass keine seitliche Verschiebung der Kuppelungsgetriebe oder Kammwalzen aufeinander möglich ist.

Die scheibenförmigen Einfassungen des Zahnkranzes beider Getriebe laufen gerundet in die Zapfenfläche über und diese Rundung passt sich ganz genau in eine entsprechende Rundung des Lagerschalenrandes ein, welche zu diesem Behufe vorgesehen ist. Das Oberlager ruht auf einem besonderen Block, der auf der inneren Ständerseite mit einem ähnlichen Vorsprung wie die Lagerschale versehen ist und in einen Falz des Ständers, d. h. der pfostenartigen Theile desselben sich einlegt.

Dabei ruht die Unterseite auf zwei Vorsprüngen der Ständersäulen, von denen der rechts gezeichnete scheinbar breiter ist, weil die rechte Hälfte der Fig. 1 die Innenansicht des Ständers wiedergibt.

Die Kammwalzen selbst, mit 58 mm Zahnhöhe und der entsprechenden kräftigen Breite, sind für dergleichen Umsetzungen, wie sie hier bei Luppenstäben stattfinden, ganz einfach construirt. Die Geschwindigkeit ist eine minimale und die Arbeit selbst verlangt keine genauere Einstellung. Im Gegentheil wird oftmals eine gewisse Veränderlichkeit der Einstellung gewünscht, weil mit denselben Walzen verschiedene Stabstärken erzielt werden sollen.

§ 818. Die andere Ständerform, in welche die Werkzeuge selbst, also die Walzen zu liegen kommen, und welche ihrer Geschlossenheit wegen oft als Rahmenständer bezeichnet zu werden pflegt, ist minder einfach entworfen und ausgeführt, obschon sie, abgesehen von den losen Theilen, nur aus einem Stück besteht.

Beide Pfosten des Ständers wachsen aus einer kräftigen Fussplatte hervor, in welcher der Lagerblock der Unterwalze mit eingegossen ist. Die Pfosten sind ausser an der einen Ecke des Profils (zum Anschlag der Lagerblöcke) auch noch beiderseits eingeklinkt, bezw. mit einer Nuth versehen, welche zum Befestigen der Walztische etc. bestimmt und deshalb länger angeordnet ist, als für die gewöhnliche Walzendicke erforderlich erscheint. Sie muss eben die Verstellbarkeit der Walztische und Abstreifmeissel etc. möglich machen.

Beide Ständer sind mit Zugstangen gegenseitig verbunden, um, was hier wegen der eingelagerten Kaliberwalzen, welche ja zum Theil ineinandergreifende Zwischenringe und Patrizen haben, besonders nöthig ist, jedes seitliche Ausweichen bei der Arbeit und damit alle Brüche und Einklemmungen unmöglich zu machen.

Im oberen Theil des Ständers, der hier mit den Pfosten fest verbundenen Kappe, ist in einer metallenen, mit stufenweisen Absätzen versehenen und nach unten durch einen Eisendeckel gegen jedes Herabfallen (im Falle eines Bruches etc.) geschützten Mutter eine Stellschraube von Stahl angeordnet, welche den Druck des Eisens bei seinem Durchgang aufzunehmen und auf die Kappe, bezw. den ganzen Ständer zu übertragen bestimmt ist.

Zu dem Behuf berührt das glatte Ende der Schraubenspindel die Oberfläche des mit Zugstangen aufgehängten, nicht fest geschlossenen Oberlagers. Um weitergehende und kostspieligere Unfälle zu vermeiden, wenn plötzliche Steigerungen des Eisendruckes eintreten (durch veränderte Qualität, ungenügende Erwärmung etc.), schaltet man ein gusseisernes Zwischenstück zwischen Schraubenende und Lagerfläche ein, welches wohl stark genug ist, den gewöhnlichen Druck zu übertragen, bei jeder unvorhergesehenen und gefährlich werdenden Steigerung aber zerdrückt wird.

Diese Stücke, Brechkästen, Brechbüchsen etc. genannt, haben entweder eine kasten- oder eine scheibenförmige Gestalt mit vorstehenden Rändern, so dass unterhalb eine Hohlfläche entsteht.

Wie in Fig. 3 der angezogenen Tafel angegeben, macht man die Brechkästen zweiseitig, um sie eventuell in der Lage wechseln zu können.

Die Details der Lagerung, mit Metallschalen versehen, sind ohne Weiteres verständlich und bedürfen keiner Erörterung. Es wird sich schon im Folgenden mehrfach Veranlassung geben, auf andere Construktionen hinzuweisen und einzugehen, wenn höhere Anforderungen an die Bauart der Walzwerke gestellt werden.

§ 819. Was nun im Besonderen die Zusammenstellung einer ganzen Strasse, d. h. der zusammengehörigen Walzenpaare nebst Zubehör anbetrifft, so besteht dieselbe für die hier erörterten einfacheren Fälle aus einem Walzgerüst für die Kuppelungen oder Kammwalzen und zwei Walzgerüsten für die beiden Walzenpaare, die Vorwalzen und die Fertigwalzen, zwischen welchen die eigentliche Arbeit geschieht.

Untereinander werden die zwei Walzenaxen durch Spindeln und Muffen verbunden, wie aus den Zusammenstellungszeichnungen Taf. XXXIX, Fig. 1 u. 2 (Mittelwalzen) und Fig. 134 (Feineisenstrasse), sowie Taf. XXXVI u. XXXVIII (schwere Walzwerke) hervorgeht.

Diese Verbindungsstücke sitzen, sobald der Betrieb die Verstellung der Walzen während der Arbeit verlangt, wie bei Besprechung der Kalibrirungen mehrfach angedeutet worden ist, ziemlich lose, um diese Beweglichkeit zu gestatten, und es kommt darauf nicht viel an, wenn nur die Walzen selbst fest und den Dimensionen des Fabrikates (Warmprofil) entsprechend genau gelagert sind.

Vor dem Kammwalzenständer der gewöhnlichen Luppen- und Grobeisengerüste befand sich und befindet sich noch eine geeignete Ausrückekuppelung, um bei eintretendem Unfall in der Walzenstrasse die Verbindung mit der Maschinenaxe sofort abzuschneiden. Dies ist besonders nöthig, weil auf letzterer ein schweres Schwungrad sitzt, welches die verschiedenen Beanspruchungen des Walzwerkes überwinden und mit den Leergängen ausgleichen soll.

Ein plötzlicher Stillstand durch irgend einen Unfall im Walzgerüst würde die grössten Zerstörungen im Bereiche des Schwungrades herbeiführen, wenn nicht ein Walzenbruch oder der Bruch der Kuppelungen die Verbindung löste. Da der Eintritt eines solchen Bruches nicht immer sicher vorausgesehen werden kann, legt man eben eine einfache Kuppelung ein, wie sie in Fig. 139 gezeichnet und weiter unten näher beschrieben ist.

Noch ist anzuführen, dass eine Walzenstrasse nicht nothgedrungen, ausser den Kammwalzen, aus nur zwei Ständerpaaren zu bestehen braucht. Es können bei gewissen Grob- und Façoneisen, z. B. den Zoréseisen und verwandten Profilen, ganz andere Vertheilungen Platz greifen, welche namentlich in der Anwendung mehrerer und kürzerer Walzenpaare gipfeln dürften u. s. w.

Die Fundirungen und andere allgemeine Einrichtungen werden dadurch nicht berührt, weil nur eine Verlängerung gleicher Bau- und Construktionsprofile vorliegt, es also nur auf eine Verlängerung der Fundamentgrube und eine Vermehrung der Fundamentplatten ankommt.

Dass ab und zu bei durch solchen Anbau sehr lang gerathenen Walzenstrassen noch ein zweites Kuppelungs- oder Kammwalzengerüst an das Ende gelangt ist, mag hier noch erwähnt werden.

§ 820. Ausser den paarweise miteinander arbeitenden Walzen sind die anfänglich nur für rasche Walzarbeiten mit schwachen Profilen in Betracht kommenden dreifach übereinander gelagerten Walzengruppen anzuführen, welche jetzt eine weit grössere Verbreitung als früher erlangt haben.

Hier ist zunächst auf eine Ausführung hinzuweisen, welche zum Behufe der Luppenwalzerei gemacht worden ist und sich sehr gut bewährt hat.

Es ist dies das in Fig. 132 dargestellte neuere Luppenwalzwerk in der Hermannshütte zu Hörde. Dasselbe ist zuerst bekannt geworden durch eine in Wien 1873 ausgestellt gewesene Zeichnung, welche zum Theil in die Berichte über das Eisenhüttenwesen auf jener Ausstellung übergegangen ist (vgl. des Verfassers und von Kerpely's Berichte).

Die bereits auf S. 628 dieses Bandes in ihren Dimensionen erörterte Kaliberreihe, welche die Umgestaltung viereckiger Brammen von bezw. 4, 3 und $2^3/_4$ Zoll Quadrat in 5, 4 und 3 Zoll breite, $^{10}/_{12}$ Zoll dicke Platinen oder Rohschienen bewirken soll, ist auf einer Walzenlänge in der dort gegebenen Anordnung untergebracht, indem ein Dreiwalzensystem gewählt wurde.

Durch entsprechende Dimensionirung der Ober- und Unterwalze gegenüber der Mittelwalze gelang es, die erforderlichen 17 Kaliber so unterzubringen, dass neun Stiche auf jeder Walze erschienen und noch ein Leerkaliber am Ende übrigblieb.

Die drei Walzen sind gegenseitig unverrückbar in den Ständern eingelagert und die Lagerblöcke stossen unmittelbar aneinander. Sie sind auf der Aussenseite der Ständer durch Vorreiber festgehalten, während sie auf der Innenseite durch einen Anschlag an einem Ständervorsprung in ihrer Lage festgehalten werden.

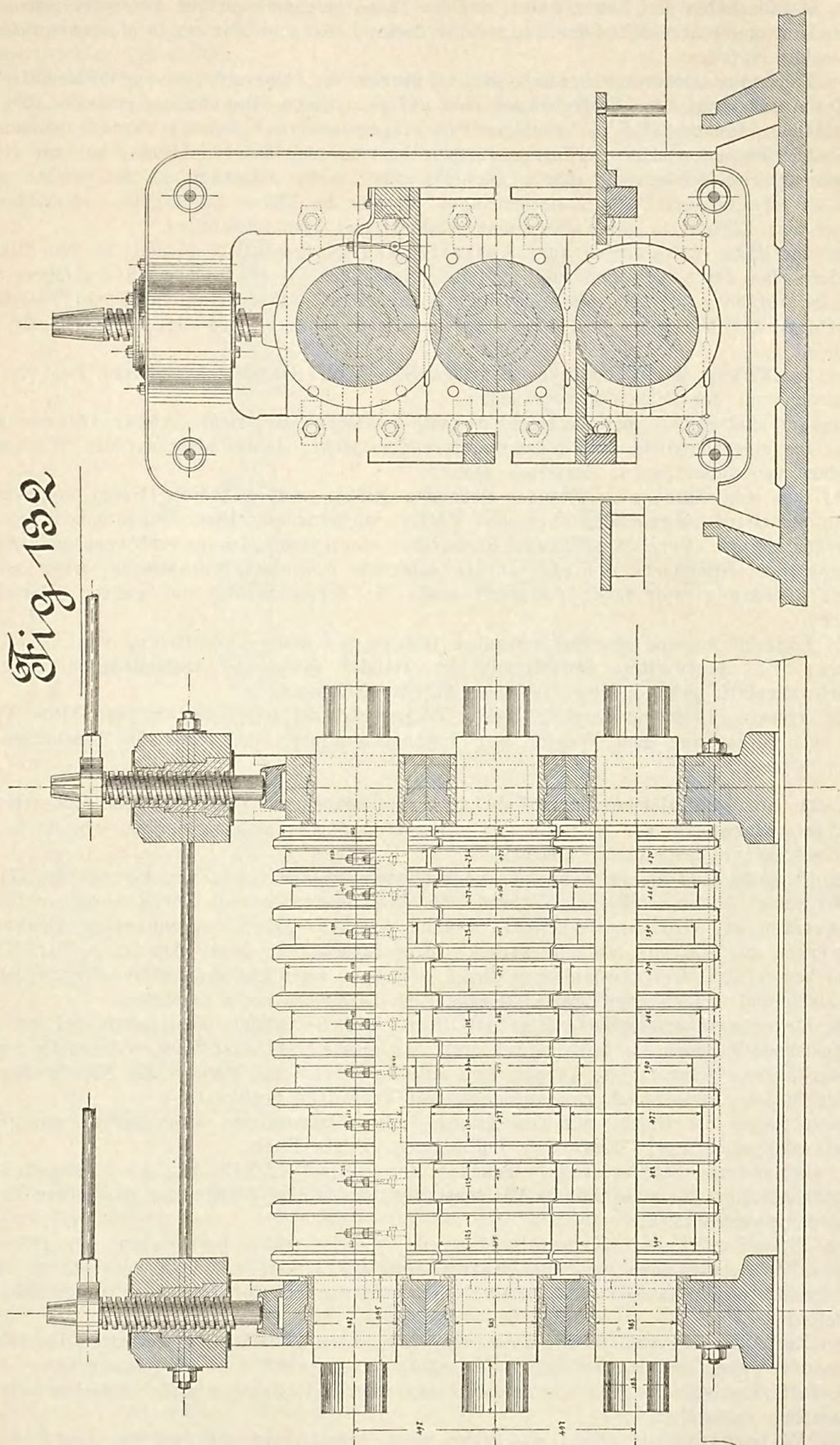


Fig. 132

Die Metallschalen der Lager haben auf der Ständerinnenseite einen aufgeschlagenen Rand und ausserdem in der ungefähren Mitte der Länge eine breite Leiste, mit der sie in eine entsprechende Nuth des Lagerblockes einfallen.

Die Zeichnung erläutert ebenfalls die Anordnung der Abstreifeisen und Walzentische. Beide Zugaben oder Ausrüstungen des Walzgerüstes sind auf quadratische Eisenbalken befestigt, die in Nuthen der Walzenständer, innere Seite, in beliebiger Höhe eingelassen und befestigt werden können.

Die geschmiedeten oder gezängten Luppen kommen zunächst von rechts her auf den Walzentisch, der zur unteren Kaliberreihe führt. Derselbe stösst nicht vollständig an die Walzen an, sondern nähert sich nur ziemlich stark den Zwischenringen, so dass die Blöcke hinlänglich Unterstützung haben, um nicht vor dem Eintritt in die Kaliber umzuschlagen und herunterzufallen.

Auf der linken Seite liegen aber Abstreifeisen mit geschärften Enden in den Stichen selber und verhindern das durch Adhäsion und ungleiche Beschaffenheit der Blöcke an der Ober- und Unterseite mögliche Ankleben und Heruntergehen der Walzstücke. Davor liegt noch ein Walztisch etwas tiefer als die Abstreifoberfläche und nicht mehr an den Ständern befestigt, sondern auf besonderen Stützen ruhend.

Zur Einführung des Walzstückes zwischen Mittel- und Oberwalze ist kein Tisch in der Zeichnung angegeben, nur der Balken ist vorhanden.

Dagegen sind auf der anderen (rechten) Seite der Oberwalze wieder Abstreifeisen angebracht, deren Lage eine eigenthümliche Befestigung nothwendig macht, da sie nicht auf der Walzenfläche aufliegen, sondern von unten her an derselben hängen.

Auf dem von Ständer zu Ständer gehenden Balken sind gekröpfte Bügel aufgeschraubt, an deren Enden mittelst durchgehender Stiele und Muttern die einzelnen Eisen genau gegen die Walze angezogen werden können. Durch Ausdehnung, Nachdrehen etc. treten ja immer vorübergehende Aenderungen im Durchmesser der Stichfläche ein und würden schlechte Anschlüsse veranlassen, wenn nicht die bei vorgedachter Anordnung eintretende Federung sowie die Verstellbarkeit der ganzen Einrichtung vorhanden wären.

Die Lagerblöcke sind mit Stellschrauben festgezogen unter Vermittelung von Brechkästen oder Brechbüchsen. Die gegenseitige Befestigung der Ständer sowie die Aufstellung derselben auf der Schwalbenschwanzplatte erhellen ohne Weiteres aus der Zeichnung.

Die grössere Leistungsfähigkeit dieses Walzwerkes im Gegensatz zu den alten Walzwerken ergibt sich von selbst aus dem Wegfall der Spitzbogenkaliber, ohne dass die Flachstiche erheblich zugenommen hätten.

§ 821. In ganz gleicher oder ähnlicher Weise können die Walzwerke für grobes Handelseisen, mit Ausschluss naturgemäss der längeren und schwereren Sorten, gebaut werden, wie sie im 3. Kapitel dieses Abschnittes zur Besprechung kommen.

Sehr wichtig sind die im Folgenden vorgeführten Construktionen von sogenannten Mittelwalzwerken für schon leichtere Stäbe. Während die Walzenaxenabstände bei den vorher beschriebenen Luppenwalzwerken und Grobeisenwerken ca. 500 mm beträgt, gehen die genannten Abstände bei den Mittelwalzwerken auf 400 und 300 mm zurück. Eine Strasse von dieser Art ist in Taf. XXXIX dargestellt und besteht aus drei gewöhnlichen Triogerüsten, zwei kleineren Polirwalzengerüsten mit nur je zwei Walzen und endlich dem Krauselwalzengerüst, zusammen sechs Gerüsten.

Die Bewegungsübertragung erfolgt mit Riemen auf die mittlere Walzenaxe, auf welcher ausserhalb der Riemenscheibe auch das Schwungrad sitzt. An dieses erste Axenstück, welches in zwei compakt construirten Ständern gelagert ist, kuppelt sich mittelst Muffen und Spindel die Mittelwalze des ersten Gerüstes der Strasse, vermuthlich zur Aufnahme von Vorwalzen bestimmt.

Dann folgen das Gerüst mit den Krausel- oder Kammwalzen, zwei Gerüste mit gewöhnlichen Walzen und schliesslich zwei Gerüste mit Polirwalzen (je ein Paar).

Es sind dreierlei Ständerformen vorhanden: der auf Taf. XXXIX, Fig. 4—6 dargestellte Krauselwalzenständer, der Fig. 7—9 abgebildete Walzenständer für je drei Walzen und der in der Textfigur 133 dargestellte Polirwalzenständer.

Der Ständer für die Krauselwalzen ist, wie der früher beschriebene der grösseren Walzgerüste, ein Kappenständer mit abnehmbarem Querstück. Zwei starke Schrauben, in den Ständersäulen mit breiten Keilen festsitzend, ziehen die Kappe genau an die Ständer an, unter Zwischenlegung von Holzplatten.

Die Zapfen drehen sich in mit sechsseitig begrenzten Schalen ausgefütterten Lagerklötzen, die dicht aufeinander ruhen und nur an den Zapfen selbst getrennt sind, um die Schmierung zu ermöglichen.

Beide Krauselständer sind sowohl oben als unten mit Stangen und Schrauben verbunden, um jedes Ausweichen zu hindern.

Die Walzenständer selbst sind rahmenartig geschlossen und auf der Innenseite mit einer Nuth für das Einlassen der Einführungs- und Vorsteckvorrichtungen versehen (vgl. Fig. 132). Auch ist

das Ständersäulenprofil an der inneren Kante ausgeklinkt, um für die Lagerblöcke einen Anschlag zu haben. Durch Platteneinlagen mit äusseren Schrauben lassen sich die Lagerblöcke verstellen, wenn die Ständer ausgewichen sein sollten.

Die Einstellung wird ausserdem noch durch Keildispositionen vervollständigt, welche, von aussen her zugänglich, die Lagerblöcke nach rechts oder links bewegen können, weniger von oben nach unten. Im Uebrigen liegt Lagerblock auf Lagerblock nahezu glatt auf, nur die Keile geben eine gewisse Lüftung.

Der oberste Lagerblock wird durch die Schraube eingestellt gehalten, welche zunächst auf eine Brechbüchse oder einen Brechkasten drückt. Die Mutter, im Kopf des Ständers eingelassen und mit

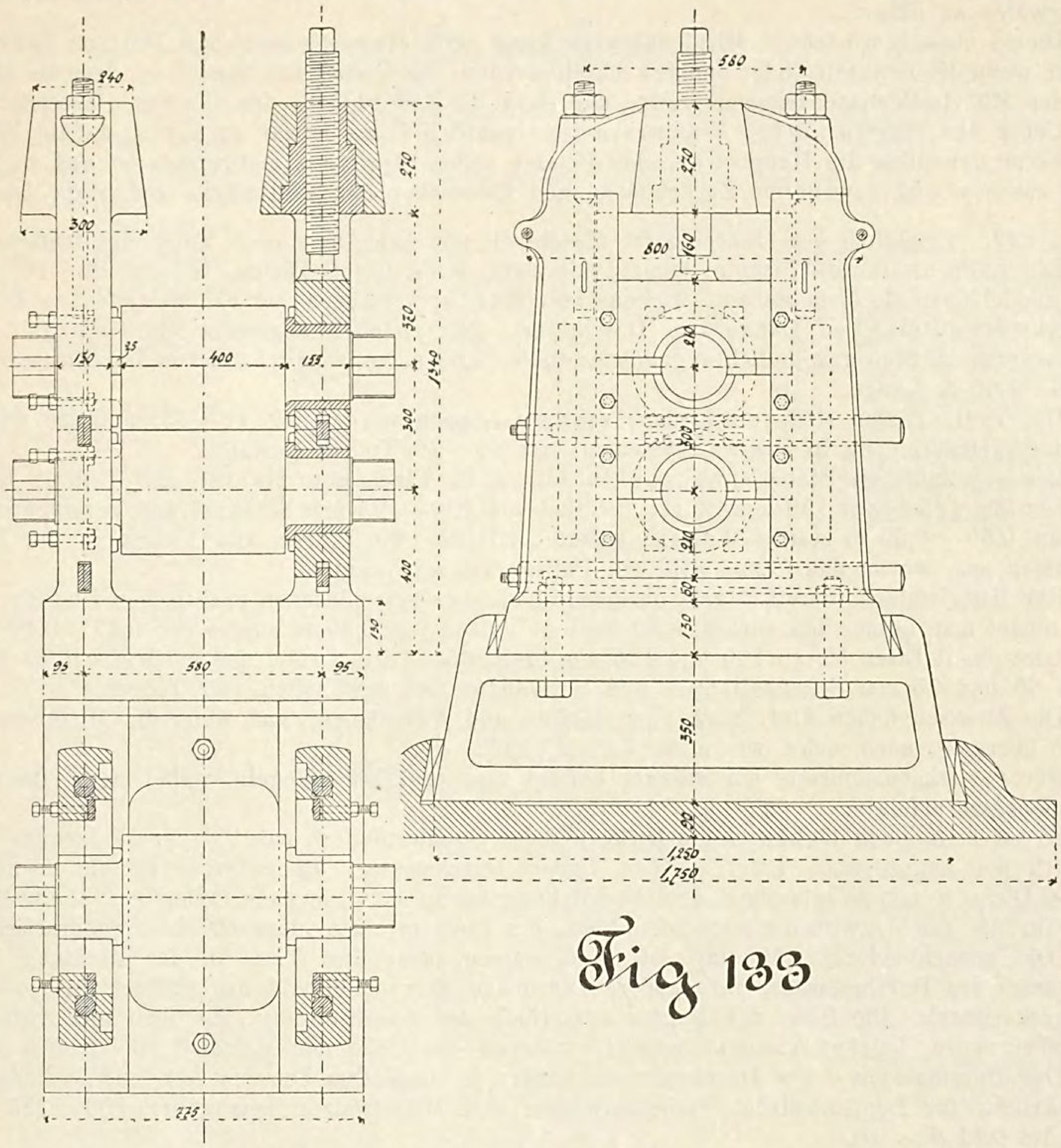


Fig 133

zwei Absätzen den Druck auf denselben übertragend, wird an ihrem oberen Austritt durch einen zweitheiligen Eisenring gefasst, der in eine Nuth eingreift und daselbst durch Schrauben am Ständer befestigt ist.

Die übrigen Details des Ständers unterscheiden sich in Nichts von den vorher beschriebenen, ebenso die gegenseitige Verbindung und die Ausbildung der Füsse. Das Profil der Sohlplatten ist in Fig. 4 dargestellt, die Verankerungen und Fundirung der Sohlplatten in Fig. 1—3 der Taf. XXXIX. Hierzu ist nur zu bemerken, dass zwischen Eisen und Mauerwerk eine starke Holzbalkenlage angeordnet ist, um eine bessere und für das Mauerwerk weniger nachtheilige Verbindung herzustellen.

Der Ständer für die nur paarweise angeordneten Polirwalzen, deren Gebrauch bei Band- und Flacheisen nicht vermieden werden kann, ist in Fig. 133 dargestellt und zeigt fast dieselbe Einrichtung wie der Krauselwalzenständer. Er ist wie dieser ein Kappenständer mit ganz ähnlicher Befestigung der Kappe und der Ständer unter sich. Die Walzen liegen in festen Lagerblöcken, deren

genaueste Einstellung durch Schraubenkeile bewirkt wird, welche, durch beide Ständersäulen gehend, auf der einen Seite angezogen werden können. Sonst sind dieselben Einstellungsplatten noch vorhanden, um das Lager nach dem Walzenstosse zu zu bewegen.

Weil die beiden Polirwalzen der Ober- und der Mittelwalze der ganzen Strasse entsprechen, steht der Ständer nicht direkt auf der Sohlplatte, sondern auf einem Stuhle, dessen Höhe etwas mehr ist, als dem Abstand zweier Walzenaxen entspricht. Will man daher, wie bei dem Feineisengerüst Fig. 134, eins der Polirwalzenpaare herunterlegen, um eine andere Durchgangsbewegung zu erhalten, so dass die Polirwalzen der Mittel- und der Unterwalze der ganzen Strasse entsprechen, so braucht man nur den Stuhl fortzunehmen und durch eine Platte zu ersetzen, um einen genauen Anschluss an Mittel- und Unterwalze zu haben.

Dieses eben beschriebene Mittelwalzwerk kann auch etwas grössere als 300 mm dicke Walzen aufnehmen, wenn die Krauselständer nur gewechselt werden. Es kommt nur darauf an, dass die Maschinenaxe mit der Mittelwalzenaxe zusammenfällt, und dass die Lagerblöcke der Walzen gewechselt werden.

Ueber den Betrieb solcher Walzwerke ist eigentlich kaum Etwas zu sagen, da die Einstellung und Correktur derselben die Hauptsache, der Betrieb selbst aber ganz methodisch ist und in Zuführen, möglichst raschem und gewandtem Zurückgeben und Einstecken der Walzstücke und Stäbe besteht.

§ 822. Bezüglich der Dimensionen, Maschinen etc. kann man noch Folgendes festsetzen:

Ein Luppenwalzwerk älterer Bauart, mit zwei, auch drei Gerüsten, bedient 14—16 auf Eisen gehende Puddelöfen; als Trio gebaut, wie das von Hörde, vermögen sie bis 20 Oefen zu befriedigen.

Als Verhältniss von Länge und Durchmesser gilt ziemlich allgemein als Grenze: $l = 3{,}5\ d$. Als Abmessungen werden gewöhnlich angegeben: 0,38—0,55 m, gewöhnlich 0,50 m Durchmesser, folglich etwa 1,50—1,65 m Länge.

Die Tourenzahlen sind verschieden; schwere Luppen werden mit 40—45, mittlere mit 50—55 und leichtere (Drahtluppen in Dreiwalzsystemen) mit 60—70 Touren gewalzt.

Bei gewöhnlichen Stabeisenwalzwerken (die z. B. Flacheisen bis 180 mm Breite, Rund- und Quadrateisen bis 125 bezw. 150 mm Stärke, Winkel von 100—125 mm Schenkel und Verwandtes walzen) nimmt man 0,50—0,55 m starke Walzen, arbeitet mit 70—80 Touren und kommt in der Regel mit drei Gerüsten aus, wovon das letzte wohl ein Polirgerüst sein kann.

Für Mittelwalzen (deren Begriff übrigens einen sehr verschiedenen praktischen Umfang zu haben scheint) wendet man ausser den vorher bezeichneten Walzen von 0,30 m solche von 0,37—0,40 m Stärke an und walzt damit Eisen bis zu 100 und 125 mm breit, 65—75 mm rund und quadratisch, auch Winkeleisen von 65 und 75 mm Schenkellängen und Verwandtes bei gewöhnlich 120 Touren.

Die Strassen haben drei, auch vier Gerüste und Ausnahmen, und wenn die Mittelwalze in die Feinwalze übergeht, auch mehr, wie z. B. Taf. XXXIX.

Für die Dimensionirung der Ständer befolgt man praktische Regeln, wobei stets eine Ableitung vom Durchmesser erfolgt.

So ist z. B. nach F e h l a n d die Dicke a jedes Ständerpfeilers parallel zur Walzenaxe gemessen (vgl. Fig. 9 der angezogenen Tafel) = dem halben Durchmesser. Ebensogross ist die normal darauf gemessene Dicke b mit Weglassung der Ausklinkungsbreite der Innenaxe. Der nur theilweise durch die Nuth für die Tischtraversen geschwächte Theil des Postens hätte hiernach einen quadratischen Querschnitt. Die gedachte Eckausklinkung ist so bemessen, dass ihre Tiefe in der Richtung b = der Quadratwurzel des Durchmessers, ihre andere Dimension aber um 5—15 mm grösser ist (je nach dem Walzendurchmesser). Die Höhe des Kopfes ausserhalb der Anschwellung, die man zur Aufnahme der Mutter geben muss, beträgt $b \times 40$—50 mm, während die Höhe der Mutter 1,40—1,50 b sein muss.

Der Durchmesser d der Druckspindeln variirt je nach dem Durchmesser und Walzen und der Art der Arbeit: für Luppenwalzen, Stabeisenwalzen und Mittelwalzen beträgt er 100—125 mm; die Steigung ist $0{,}11\ d \times 10$.

Die Darstellungen, wie sie hier gegeben worden sind, stimmen im Wesentlichen mit den vorstehenden Angaben überein.

Bezüglich der Zapfenstärken und -längen, ihrer Auskehlungen und anderer Details befolgt man ähnliche einfache Verhältnisse, welche besser in einer Zusammenstellung später gegeben werden.

2. Kapitel.

Einrichtung und Betrieb der Walzwerke für Feineisen und Draht.

§ 823. Um feineres Eisen zu walzen, bedient man sich ganz ähnlicher Dreiwalzenanlagen wie die vorher geschilderten und auch wesentlich von gleichen Dimensionen. Alles wird nur auf die Erreichung grösserer Geschwindigkeiten in Arbeit und Betrieb zugeschnitten und gilt dies ganz besonders für die Herstellung von Draht, welcher ja als F e i n e i s e n g r ö s s t e r L ä n g e bezeichnet werden kann.

Mit zunehmender Länge der Stäbe wächst naturgemäss die Gefahr zu frühzeitiger Abkühlung, und man hilft sich dann durch eine ganze Reihe von mehr oder minder einfachen Einrichtungen, um die Arbeit auch ausserhalb der Walzen zu beschleunigen.

Die Anordnung einer gewöhnlichen Feineisenstrasse ist in Fig. 134 angedeutet, nur die Ständer sind fortgelassen. Es folgen sich von der Riem- oder Seilscheibe an, welche die Maschinenbewegung auf die mittlere Walzenaxe überträgt, nacheinander der betreffende Ständer, dann eine Ausrücke-Kuppelung (Fig. 139) und die Krauselwalzen. An diese reihen sich zwei Walzgerüste mit je drei Walzen, eins mit nur zwei (obere und mittlere) und zwei Polirwalzgerüste (zuerst Mittel- und Unter-, dann Ober- und Mittelwalze). Die Fundamentirung der ganzen Strasse ist verhältnissmässig tiefer und kräftiger als bei dem langsamer laufenden Mittelwalzwerk des vorigen Kapitels (vgl. Taf. XXXIX), denn die Ankerstäbe von den Widerlagplatten bis an die Sohlplatte haben über 2 m Länge.

Am stärksten ist die Wellenaxe verankert, wie aus dem Querschnitt rechts deutlich zu ersehen ist. Sonst ruht das ganze Walzwerk auf neun aneinanderstossende Sohlplatten (Fig. 135), in welchen die Ständer in der gewöhnlichen Weise verkeilt sind. Die Verbindung der auf einer Axe liegenden einzelnen Walzen etc. unter sich und mit den Krauseln findet wie gewöhnlich durch Spindeln und Muffen statt, welch' letztere in der Zeichnung fortgelassen sind.

In neuerer Zeit hat man bezüglich der Gesammtanordnung der Feineisenwalzen eine aus der Praxis des Drahtwalzens herübergenommene Aenderung eingeführt. Man trennt nämlich die (für fast alle Endprofile gleiche) Vorwalze ganz von der Strasse, stellt sie etwa 7,50 m entfernt, doch parallel, auf und gibt den Walzen einen der ersten Arbeit besser entsprechenden grösseren Durchmesser, d. h. statt beispielsweise 300 mm einen solchen von 400 mm.

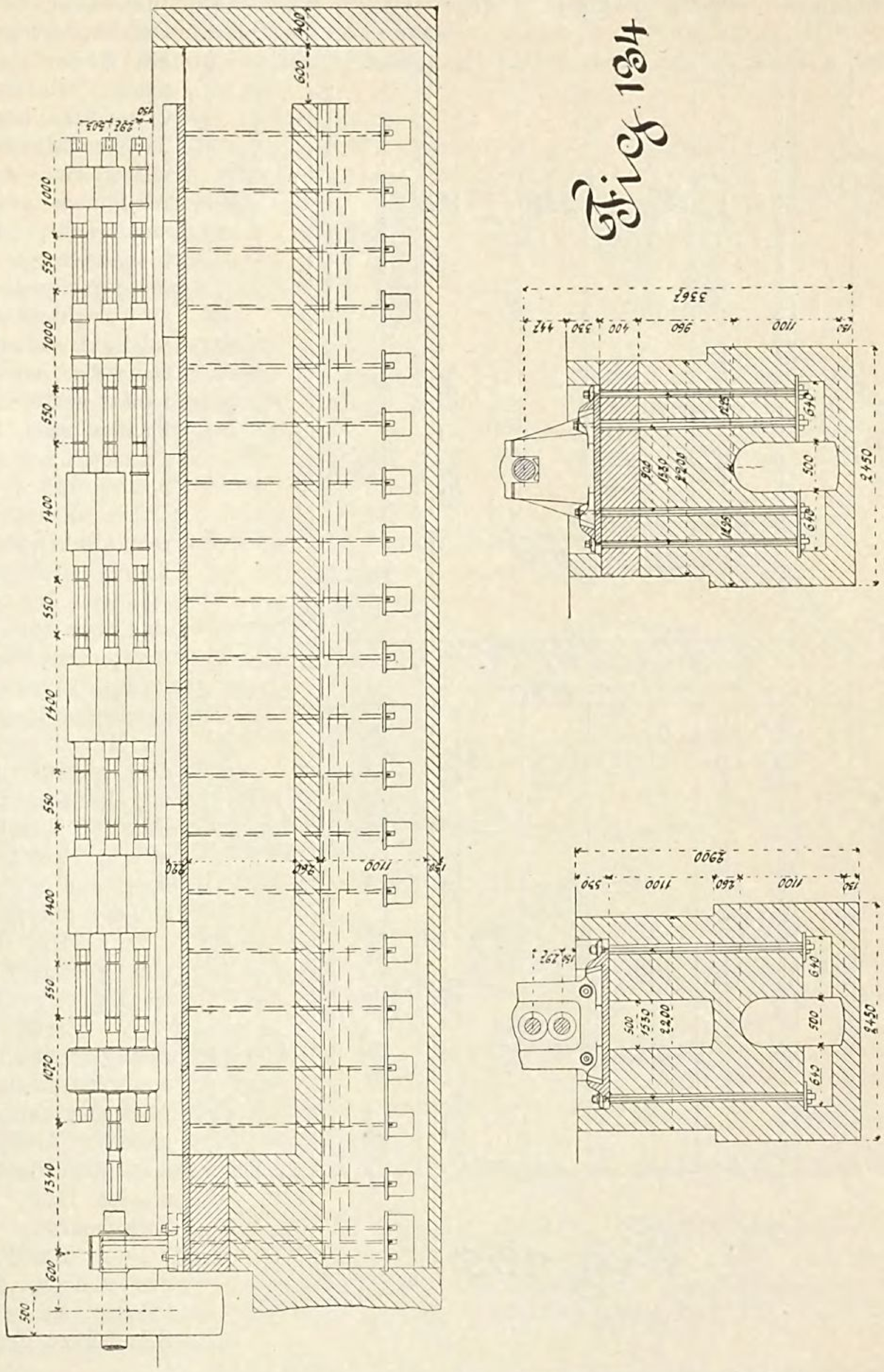


Fig. 134.

Auch die Geschwindigkeit ist dann eine andere, geringere, indem die Vorwalzen direkt von der Maschine getrieben werden und vielleicht 120 Touren machen, während die Fertigwalzen der eigentlichen

Strasse, durch eine Uebersetzung bewegt, 260 und mehr Touren machen müssen. Die Hauptstrasse hat dann immer noch vier Gerüste, d. h. zwei Vollendgerüste und zwei Polirgerüste.

Man walzt auf diesen Strassen dann Eisen von 10—52 mm rund und quadrat, auch wohl bis 80 mm breit, ferner Winkel bis 65 mm Seite und leichte Grubenschienen (Fenster- und Sprosseneisen etc.).

§ 824. Bezüglich der Details solcher Gerüste ist zunächst auf die Construktion der Sohlplatte hinzuweisen, welche in Fig. 135 wiedergegeben ist. Man unterscheidet zweierlei Anordnungen in den Durchbrechungen und Durchlöcherungen. Entweder sind dieselben einfach so disponirt, wie auf dem untersten der beiden Grundrisse angegeben ist, d. h. in den Tiefen zwischen den bearbeiteten Passleisten sind in bestimmten, gleichmässigen Abständen ovale und kreisrunde Löcher angebracht, oder es sind ausserdem noch besondere, zur vereinzelten Ständerbefestigung geeignete runde und Tförmige Löcher an verschiedenen Stellen vorhanden. Eine solche Anordnung lässt sich z. B. im oberen Grundriss der Fig. 135 erkennen, wo zunächst auf dem Rande der äussersten Passflächen zwei Paar runde Oeffnungen im gegenseitigen Abstand von 900 mm gleich 282 + 336 + 282 vorhanden sind. Dieselben dienen zur Durchführung der im rechtsstehenden Schnitt der Fig. 134 erkennbaren Zuganker des äussersten Wellenständers der ganzen Strasse. Dieselben sind, wie die eingeschriebenen Maasse besagen, ebenfalls 900 mm voneinander entfernt. Unterhalb dieser vier Oeffnungen erscheinen in der Grundrissskizze jederseits der Mittellinie je drei Tförmige Oeffnungen, doch gegenseitig etwas verstellt. Sie sind zur Befestigung der Stützen für die in Fig. 139 skizzirte Ausrücke-Kuppelung bestimmt, welche zwischen dem Hauptaxenlager und dem Krausel- oder Kammwalzenständer untergebracht sein muss.

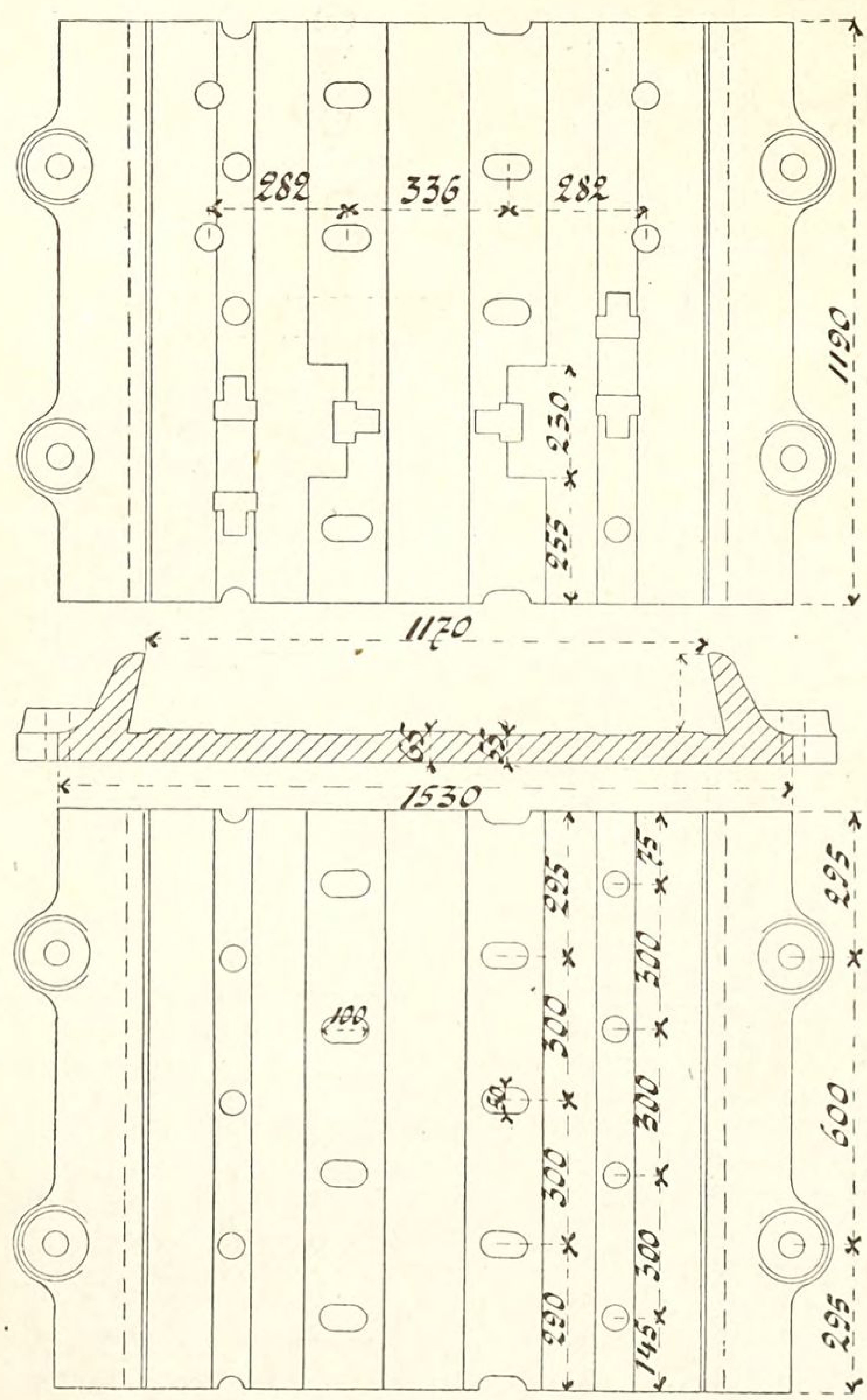


Fig. 135

Die Tförmige Gestalt gestattet eine genaue Einstellung und dadurch ein möglichst genaues Spiel der Kuppelung.

Jede dieser Sohlplatten ist mit zwei Zugankern an dem gemauerten Fundament befestigt, und es geschieht diese Befestigung für die ganze Strasse in stets gleichen Abständen von 600 mm, indem man die Platten nicht ganz zusammenstossen lässt, sondern sie mit ca. 10 mm Zwischenraum in den Stossenden verlegt.

Das Profil der Platten ist überall das gleiche, die Seitenleisten hoch und kräftig, um eine sichere Verkeilung der Ständer zu gestatten.

§ 825. Die Ständerdetails zeigen ähnliche Verhältnisse, wie sie bei den anderen Walzwerken bereits hervorgehoben worden sind. Die Krauselständer sind auch hier Kappenständer, während die Walzenständer geschlossene Rahmen sind.

Die Fig. 136, welche den Krauselständer wiedergibt, lässt erkennen, dass die Lagerung der Krauselwalzen eine durchaus unveränderliche ist, und dass eine gegenseitige Verstellung der Walzenmittel nicht möglich ist. Die Lagerblöcke sind für Ober- und Mittel- sowie für Mittel- und Unterwalze

gemeinsam, so dass nur noch ein Unterlager für die Unterwalze und ein Decklager für die Oberwalze ausserdem vorhanden sind.

Die Lagerfutter selbst sind theils schalenförmig, theils in der Form von Klötzen gebildet und umschliessen die Zapfen nur theilweise. Zur genaueren Einstellung der ganzen Lagerungstheile laufen, da die Ständerinnenseiten glatt und ohne Anschlagsleiste sind, zwei halb in den Ständerquerschnitt, halb in dem der Lagerblöcke liegende Flachstäbe durch, an welchen durch schmale Keile die beiden Mittelblöcke befestigt werden, während der unterste Lagerblock einfach im Ständer ruht, der oberste zwischen dem Zapfen der Oberwalze und einer Druckvorrichtung sich befindet. Diese Druckvorrichtung ist weiter nichts als eine durch den Kopf des Kappenstückes durchgehende, mit Keilen oben und unten verstellbare Rundstange. Die Kappe selbst ist mit den Ständersäulen durch Schrauben und Keile verbunden und festgezogen. Um das Herausgleiten der Lager zu verhindern und den eventuellen Seitendruck aufzunehmen, werden dieselben durch besondere Schrauben mit Flügelstücken und Muttern auf der Zapfenseite gehalten und an die Walze angedrückt. Das Detail dieser Befestigung erhellt aus der Specialzeichnung auf der Fig. 137.

Ein Schraubenbolzen mit vierkantigem Kopf wird von der Innenseite (Walzenseite) des Ständers durch die Säule gesteckt und fällt ganz hinein, indem der Kopf nur anschlägt, nachdem die Aussenfläche desselben in der Ständerinnenfläche liegt. Aussen schiebt man das etwas lose gehende Flügelstück auf und zieht dann die aufgesetzten Doppelmuttern an. Ein Flügel des wie ein Fensterwirbel oder Vorreiber wirkenden Stückes drückt auf die Ständeraussenfläche, ein anderer auf die Aussenfläche des Lagerblockes und verhindert den letzteren, vor einem Seitendruck des Walzwerkes auszuweichen.

Das Ständerpaar ist im Uebrigen noch durch Querankerstäbe oben wie unten gegenseitig fest verbunden und gesichert.

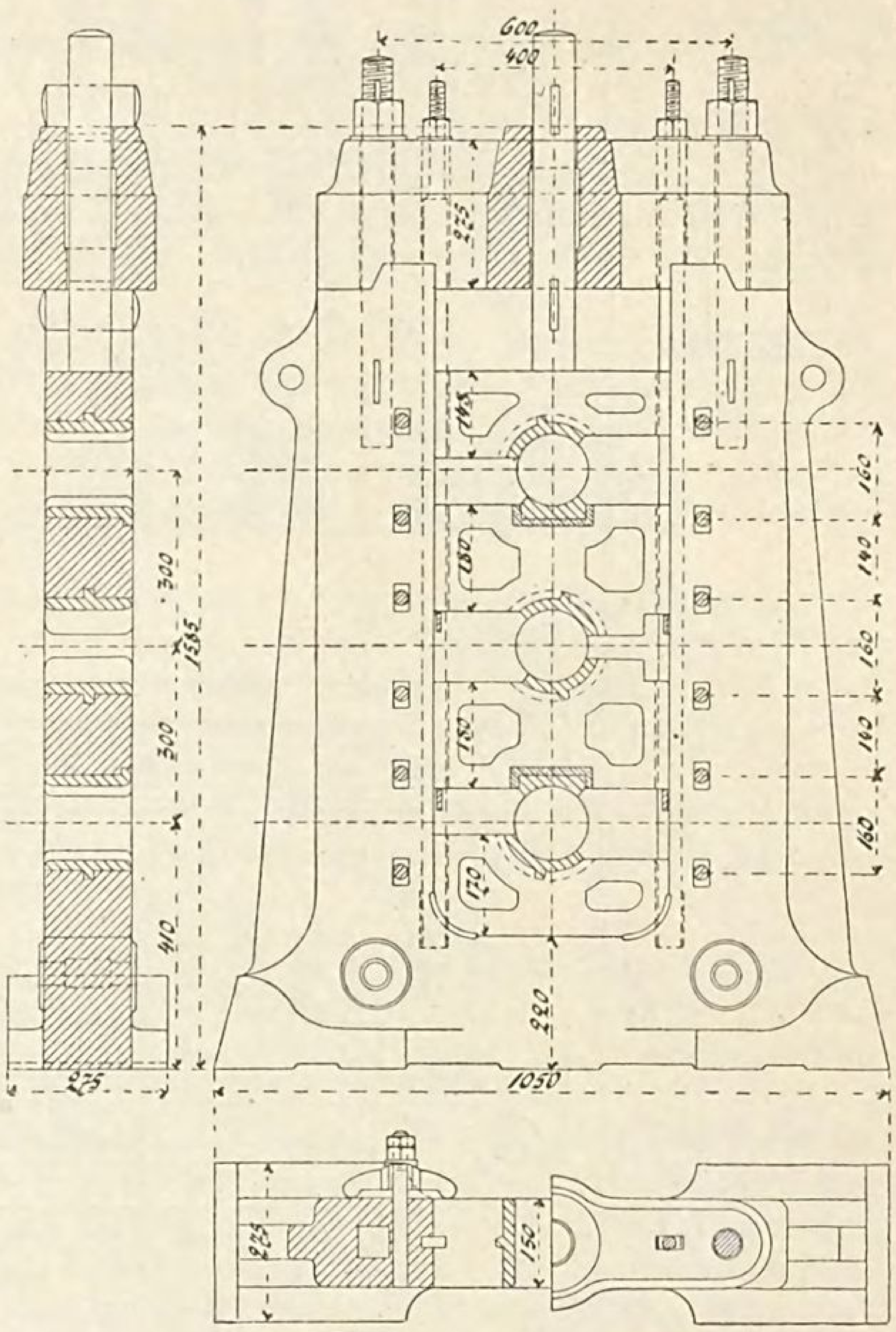


Fig 136

§ 826. Die eigentlichen Walzenständer einer solchen Feineisenstrasse sind in Fig. 137 dargestellt und sind natürlich Rahmenständer, wie schon erwähnt. Ihre Bauart entspricht im Allgemeinen dem Bau anderer Walzenständer und fehlt auch hier der Anschlag für die Lagerblöcke, welche ebenfalls glatt an die innere Rahmenfläche anschliessen und durch ähnliche Vorrichtungen wie die beschriebenen in der richtigen Lage festgehalten werden.

Zunächst sind die gleichen Flachstäbe mit Schraubenmuttern vorhanden, an denen durch Keilstücke die beiden Lagerblöcke der Mitte festgestellt und in genauer gegenseitiger Entfernung gehalten werden können. Oben fallen die untersten Muttern in eine Erweiterung der durchgehenden Oeffnung im Kopf des Ständers ein.

Das oberste Lager erhält eine feste Einstellung und eine Aufnahme des Walzendruckes durch eine in der gewöhnlichen Weise eingerichtete Stellschraube, welche zunächst, wie immer, auf einen Brechkasten wirkt, der auf der Blockoberfläche sich befindet. Die Metallmutter der Stellschraube ist genau in den Kopf des Ständers eingepasst und wird mittelst des unten befindlichen Flansches und zweier Schrauben in dem Ständerkopf befestigt.

Die Lagerblöcke werden gegen die Walzenstösse gedrückt und vor dem seitlichen Gleiten durch ganz gleich angeordnete und gestaltete Ankerbolzen mit Flügelstücken geschützt, wie sie die Details der Fig. 137 zeigen und wie sie ferner im vorigen Paragraph beschrieben worden sind.

Zu bemerken ist noch, dass die Blöcke in den verschiedenen Ständern verschieden gestaltet und ausgebildet sind, und geben die beiden in der Mitte und rechts gezeichneten Skizzen eine Vorstellung von diesen Abweichungen. Sie beziehen sich vornehmlich auf die Anordnung der Polirwalzen.

und je nachdem das Polirwalzenpaar in den beiden oberen oder in den beiden unteren Axen liegt, ist nur die oberste Walze allein aufgehängt, oder es sind es die beiden obersten. Die Hängelager

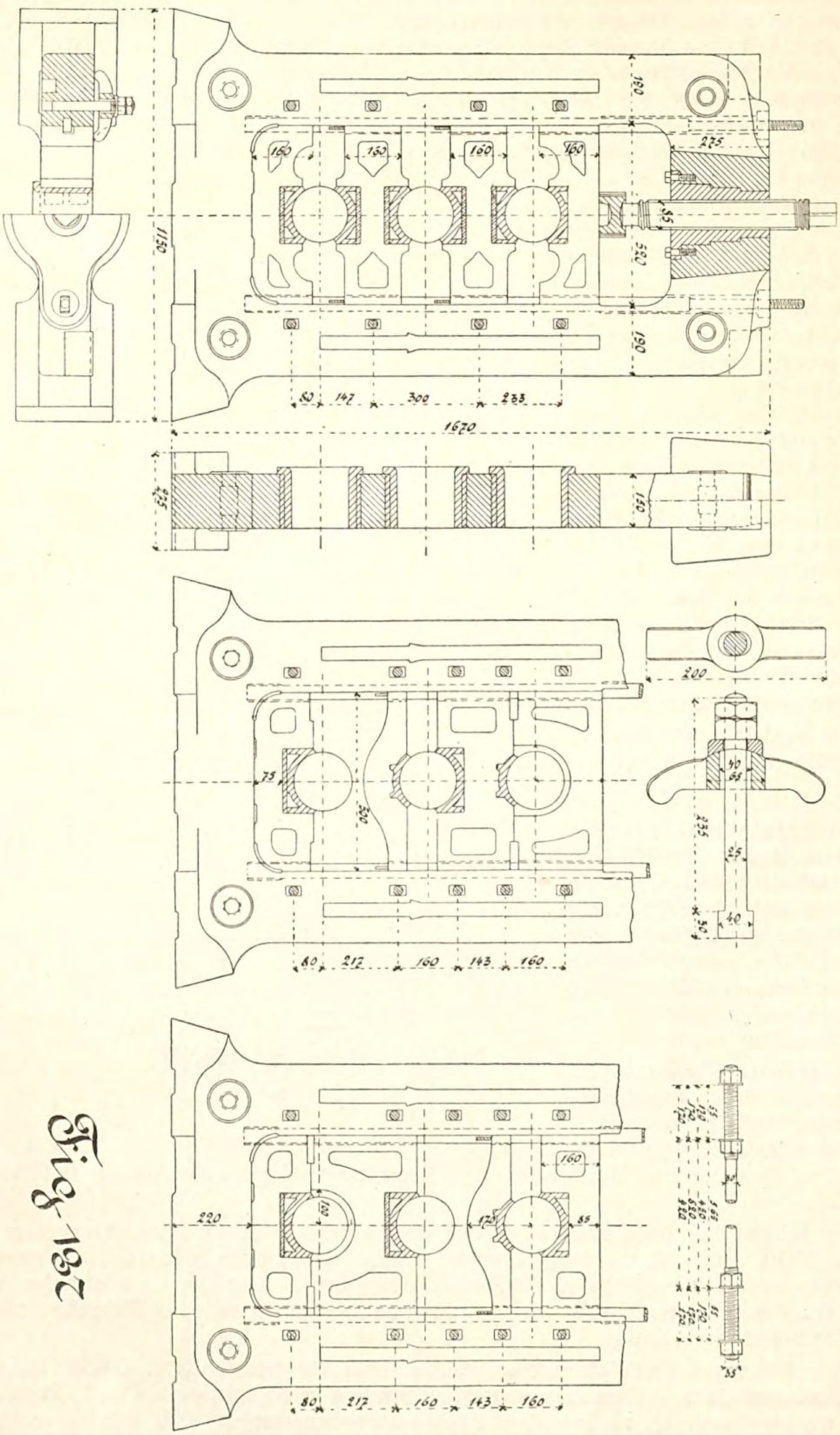


Fig. 137.

charakterisiren sich durch die Gestalt der Unterhälfte; ausserdem sind die Schalen von denjenigen Blöcken, welche den Walzendruck aufnehmen, also die Oberschale der jedesmaligen Oberwalze und die Unterschale der entsprechenden Unterwalze, nahezu halbcylindrisch und umfassen den Zapfen zum grössten Theil. Die andere Hälfte der Zapfenflächen läuft zum Theil frei, zum Theil auf schmalen Lagerstücken.

Selbstverständlich haben alle diese Walzenständer auf der Innen- (Walzen-) seite eine eingegossene, hinlänglich tiefe und breite Nuth, um die Träger der Walztische, Einsteck-Vorrichtungen und der Abstreifmeissel etc. einzulegen und einzupassen.

Jedes Ständerpaar ist in sich durch Rundstäbe mit doppelten Schrauben verbunden, deren Einzelheiten und Abmessungen in einer Detailskizze der Fig. 137 (rechts oben) leicht erkennbar sind.

§ 827. Bei diesen schnell laufenden Walzwerken ist noch auf die Construktion der Schwungräder besonders einzugehen und ein Beispiel dafür anzuführen.

Die Schwungräder sind im Allgemeinen zur Erfüllung der folgenden Anforderungen in Anwendung:

1. Beseitigung der Ungleichheit oder der Ungleichförmigkeit in der drehenden Bewegung, namentlich Ueberwindung der todten Punkte.

2. Aufnahme und Ueberwindung der bei der Walzarbeit, besonders beim Eintreten des Eisens zwischen die Walzen, entstehenden Stösse.

3. Aufsammeln der Maschinenarbeit während der Pausen des Walzprocesses und Abgabe an die Walzen, sobald der Betrieb wieder im Gang ist.

Diesen nutzbaren Folgen der Schwungradanwendung stehen als Nachtheile entgegen der Arbeitsverlust durch Reibung in den Lagern der Schwungradwelle (bei schweren Schwungrädern beträchtlich) und die Verzögerungen beim In- und Aussergangsetzen der Maschine. Man geht deshalb auch mit dem Schwungradgewicht nicht über gewisse Grenzen der Grösse hinaus.

Da die unter 2. und 3. genannten Anforderungen für den Gang der Maschine eigentlich nicht absolut nothwendig sind, und da bei jeder entsprechenden Anordnung der Maschine, z. B. Wahl einer Zwillingsmaschine, eine Maschine auch ohne Schwungrad ihre Aufgabe erfüllen kann, wird dies System auch bei den Walzwerken da angewendet, wo die Bewegung der Walzen rasch umkehren soll, wie z. B. bei den Reversirwalzwerken.

Dagegen hat man sich gewöhnt, alle anderen Walzwerke mit Schwungrädern zu versehen, befolgt aber bezüglich ihrer Abmessungen und Gewichte sehr verschiedene Grundsätze.

Das Gewicht derselben oder ihre lebendige Kraft muss in umgekehrtem Verhältniss zur Stärke der Kraftmaschine stehen, wenn bei zweierlei Maschinen gleiche Leistungen erfolgen sollen.

Schwächere Maschinen müssen hiernach schwerere, starke Maschinen leichtere Schwungräder erhalten. Es ist einleuchtend, dass die Wahl zwischen beiden Combinationen von einem zum anderen mehr praktischen Momenten abhängt.

Je schwächer die Maschine und je schwerer das Schwungrad ist, desto länger dauert es, bis im Leergang die Walzen die erforderliche Geschwindigkeit erhalten haben und bis der Schwungring die für das Auswalzen nöthige Arbeitsgrösse aufgenommen hat. Es treten alsdann nach dem Ausstrecken jedes Stabes um so längere Pausen ein und die Leistung des Walzwerkes wird eine um so geringere.

Will man mit geringen Pausen arbeiten, so muss die Maschine stark, das Schwungrad kleiner und leichter sein.

Dies tritt ganz besonders bei der ununterbrochen fortgehenden, möglichst beschleunigten Arbeit auf Feineisen- und Drahtstrassen ein, wo Bandeisen, schwaches Rund- und Quadrateisen, sowie Walzdraht hergestellt werden, und wo sich die Stäbe aus verschiedenen technischen Gründen in rascher Aufeinanderfolge ablösen. Auch bei leichten Stücken, welche rasch übergehoben oder zurückgegeben werden, z. B. bei Schwarzblechen, würde ein schweres Schwungrad nutzlos sein.

Kurze Stücke von grösserem Gewicht, welche in ihrer Herstellung ohnehin grössere Pausen verursachen, z. B. Kesselbleche, Panzerplatten etc., gestatten am ehesten, schwere Schwungräder bei relativ schwachen Maschinen anzuwenden.

§ 828. Bezüglich der Grösse des Schwungrades ist zu bemerken, dass dieselbe von der zulässigen Umfangsgeschwindigkeit des Schwungringes abhängig ist. v. Hauer (Hüttenmaschinen S. 485) gibt an, dass die Umfangsgeschwindigkeit ein gewisses Maass nicht überschreiten solle, da sonst Gefahr vorhanden ist, dass der Schwungring zerreisst.

Er findet, dass bei 33 m Peripheriegeschwindigkeit noch 8fache, bei 45 m Geschwindigkeit dagegen nur noch 4fache Sicherheit gegen bleibende Formänderung vorhanden sei; es sei gerathen, den ersten Werth nicht zu überschreiten. Schwächungen des Schwungringes durch Verbindungen kommen natürlich in Betracht, denn sie bringen ein gleichgrosses Schwächungsverhältniss der Sicherheit hervor.

Bezüglich der zulässigen Schwungradgewichte gehen die Angaben weit auseinander, denn eine Constante in der v. Hauer mitgetheilten Rechnung variirt zwischen 30 und 70!

Versuche, durch Verlegen des Schwungrades und Verbindung desselben mittelst Getriebe mit Maschine und Walzwerk, demselben eine grössere Geschwindigkeit als die Walzen zu geben, und dadurch das Gewicht herabzumindern, sind wegen der schlechten Funktion der Getriebeübertragung wieder aufgegeben worden.

Ein sehr empfindlicher Theil des Schwungrades sind die Arme desselben, die auf Zerreissen und Abbrechen in Anspruch genommen werden.

Das Zerreissen wird durch die Flugkraft bewirkt und nöthigt bei Anwendung von Gusseisen zur Einhaltung ganz bestimmter Umfangsgeschwindigkeiten, so dass der Ring für sich selbst, ohne Rücksicht auf die Arme dem Zerreissen Widerstand leisten kann.

Das Abbrechen kann vorkommen, wenn beim Eintreten des Eisens in die Walzen die Wirkung der Maschine nachlässt und von dem Schwungring an die Welle eine oft 3- bis 4fach grössere, aus der aufgesammelten lebendigen Kraft herrührende Effekt übertragen wird.

v. Hauer räth, die Dimensionen der Arme so zu wählen, als wenn dieselben die gleiche Betriebskraft wie die Welle zu übertragen hätten und empfiehlt zur Ausrechnung eine von Redtenbacher für Riemenscheibenarme aufgestellte Formel.

Die Welle und Nabe müssen so gebildet werden, dass erstere ausser der Torsionswirkung auch noch das Schwungradgewicht bequem zu tragen vermag, und dass wiederum letztere durch ausreichende Breite (axial gemessen) die Stabilität der Radebene vollkommen sichert.

§ 829. Bezüglich der Constructionseinzelheiten dieses wichtigen und doch vielfach umstrittenen Walzwerktheils ist noch Folgendes zu bemerken.

Das Material bildete in früherer Zeit und theilweise noch jetzt, namentlich für kleinere Ausführungen, das Gusseisen. Man stellt solche Räder bis zu gewisser Grösse aus einem Stück her, hat aber stets dann mit unangenehmen Spannungen zu kämpfen, welche aus dem ungleichen Schwinden der aneinanderstossenden, sehr verschieden dicken Theile hervorgehen und herstammen.

In Folge dessen theilte man in der Form selbst das Rad durch Einstellen von mit Lehm überzogenen Blechen, sowohl in der Nabe als auch in dem Kranz. Das letztere, Theilung auch des Kranzes ist aber nur für geringe Umfangsgeschwindigkeiten angerathen, erfordert jedenfalls dann sehr genaue Verbindung. Die getrennte Nabe wird mit eisernen, glühend aufgezogenen Reifen am besten zusammengehalten.

Erreichen die Schwungräder wie bei den Grobeisenwalzwerken bedeutende Dimensionen, so wird ihre Darstellung aus einem Stück schon schwieriger und man schreitet zur Theilung.

Entweder halbirt man das ganze Rad durch eine in einen Durchmesser gelegte Ebene, oder, was als zweckmässiger im Allgemeinen gilt, man bildet aus Nabe sammt Armen das eine, aus dem Kranz aber das andere Gussstück. Die Verbindung beider geschieht durch die schwalbenschwanzgeformten Enden der Arme, die zwischen vorstehenden Nasen der Kranz-Innenseiten festgekeilt werden.

Ganz grosse Dimensionen hat man auch wohl aus der einzeln hergestellten Nabe oder Armen, sowie dem in Segmente gegossenen Kranz zusammengestellt. Die gewählten Verbindungen der Schwungringtheile müssen dann allerdings mit einer grösseren (mindestens vierfachen) Sicherheit dem auf Zerreissen wirkenden Zug im Schwungring widerstehen.

v. Hauer erwähnt eine Kranzverbindung aus zwei Reihen von Segmenten, welche mit Arbeitsleisten, voll auf Fuge, aneinandergelegt in den Enden der Segmente mit Dübeln oder Klauen, sonst aber durch Nieten und durchgehende Schrauben vereinigt sind.

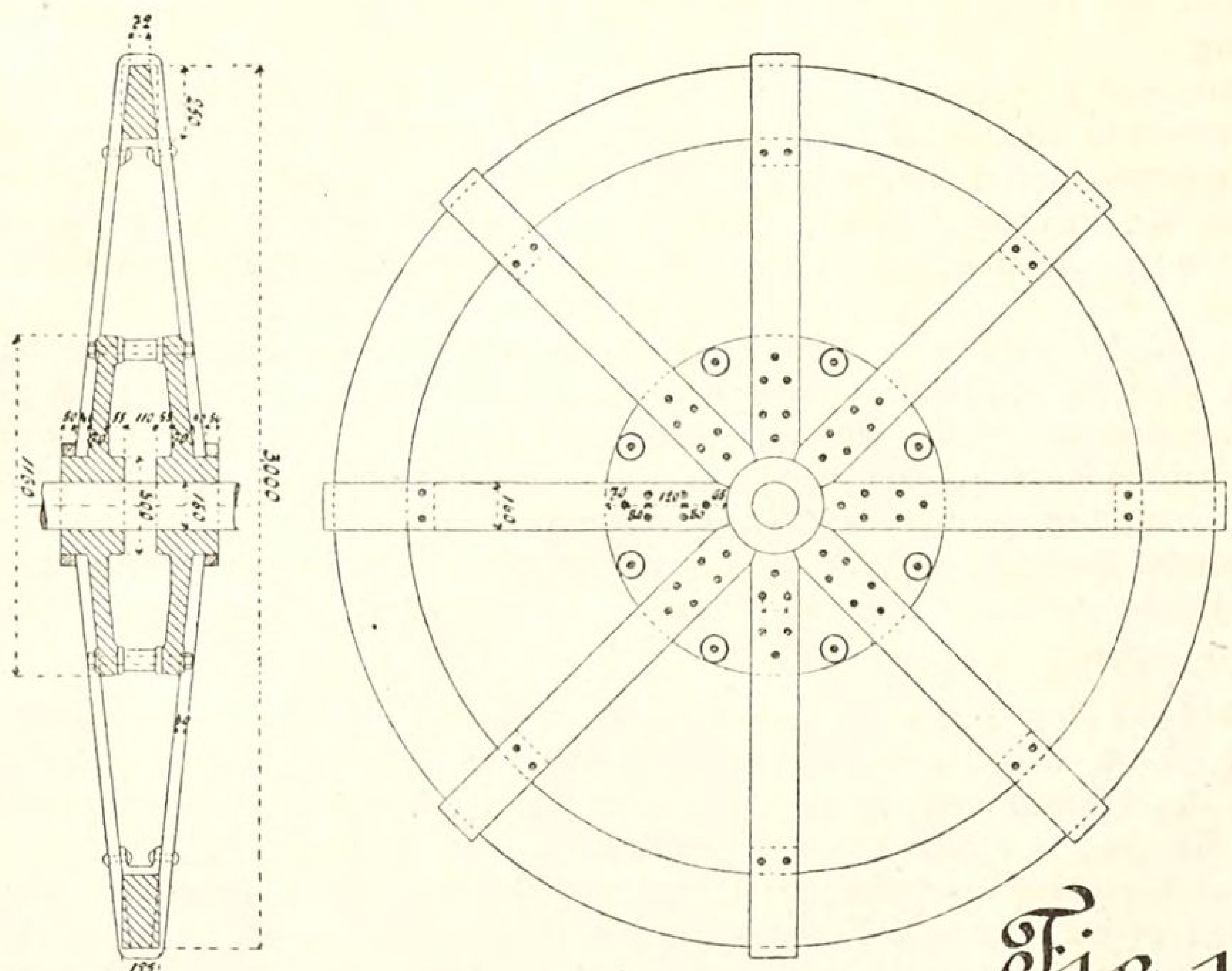


Fig. 138

Der Armstern ist ebenfalls getheilt und wird aus zwei Hälften durch Schrauben mit Gegenmuttern vereinigt; zwei in der Passfläche symmetrisch liegende Keile hindern die Verschiebung und die Befestigung der Nabe auf der sechsseitigen Welle geschieht ebenfalls durch Keile.

Etwas ähnliches ist in den Walzwerken zu Neunkirchen versucht und ausgeführt worden, indem man den Schwungring aus mehreren z. B. drei ganzen Ringen zusammensetzte, die sich gegenseitig mit glatten Passleistenflächen berührten und durch Niete mit versenkten Köpfen verbunden wurden. Das einzig Unbequeme hierbei war anscheinend die genaue Herstellung der Passleistenflächen.

Eine grössere Sicherheit bieten schmiedeeiserne Arme und stellt Fig. 138 die Construktion eines Schwungrades für raschlaufende kleinere Walzwerke dar, wie sie vorher beschrieben worden sind.

Eine aus zwei scheibenartigen Theilen bestehende gusseiserne Nabe wird durch acht Bolzen mit Hülsen in sich fest zusammengezogen und trägt auf beiden Aussenseiten je acht Arme mit wiederum sechs Nieten fest aufgesetzt und durch aufgetriebene schmiedeeiserne Ringe zusammengehalten, welche den gusseisernen Schwungring an nuthenartigen vertieften Stellen umschliessen.

Jedes projektivisch auf die Radebene sich deckende Armpaar bildet ein Ganzes, d. h. einen in spitzem Winkel gebogenen Flachstab, in dessen Scheitel der Schwungring liegt. Zu dessen weiterer Befestigung ist noch auf der Innenseite des Ringes ein Uförmiges Stück eingesetzt und mit den beiden

Armzweigen fest vernietet, so dass der Schwungring selber nicht durch Bolzenlöcher und andere Durchbrechungen geschwächt wird. Man kann naturgemäss auch den ganzen Schwungring aus Schmiedeeisen machen und ihn aus Walzstäben, z. B. Schienen, zusammensetzen, cf. v. Hauer a. a. O., S. 489.

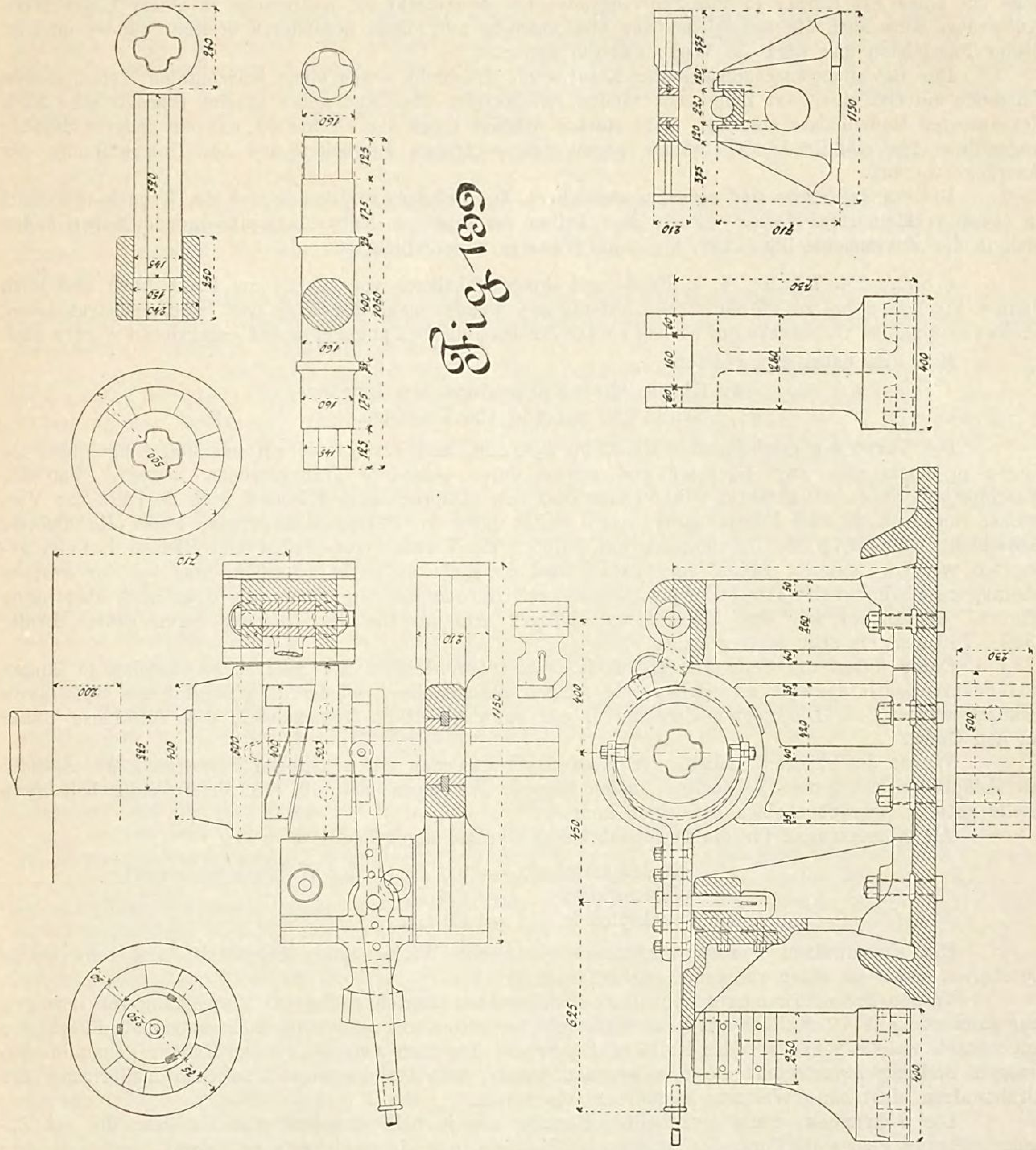


Fig. 139

§ 830. Ausser den schon erwähnten Kuppelungen, d. h. Verbindungen der einzelnen Ständerpaare vermittelst Muffen und Spindeln, welche Theile man zur Vermeidung von Walzenbrüchen lieber schwächer als zu stark machen darf, benutzt man besonders beim raschgehenden Walzwerkbetrieb auch solche Kuppelungen, welche plötzlich lösbar sind, im Fall die Walzenstrasse angehalten werden muss, um unvorhergesehene Störungen nicht auf die Maschine einwirken zu lassen und umgekehrt den Einfluss des Schwungrades auf die Strasse plötzlich abzuschneiden.

Die gebräuchlichste dieser Aus- und Einrückkuppelungen ist die Fig. 139 dargestellte Klauenkuppelung. Sie ist gleich hinter dem (hier fortgelassenen) Lagerständer des Schwungrades an-

geordnet und besteht aus einer mit dem Zapfenende der Schwungradaxe fest verbundenen, mit sägeartigen, radial disponirten Schneiden oder Klauen versehenen Scheibe, welcher eine andere Scheibe mit umgekehrt angeordneten Zähnen und Höhlungen entspricht. Die letztere ist auf einer Welle von kreisförmigen mit Bogencannelüren versehenen, dadurch rosettenartigen Querschnitt verschiebbar, welche Welle einerseits mit einer Art Körner in dem Schwungradzapfen eingesteckt ist, andrerseits in einem Lager läuft. Ausserdem läuft auch die bewegliche Kuppelungsniesche auf einem besonderen breiten Ständer mittelst dreier Passleisten und wird die Welle dadurch entlastet.

Der Bewegungsmechanismus der Klauenmuffe geschieht durch einen horizontalen Hebel, dessen Lastende mittelst einer Art Zange mit runden Rollenzapfen oben und unten in eine concentrische Nuth des äusseren Muffenhalses eingreift. Ein starker Ständer trägt den Drehpunkt und ein anderer Ständer gegenüber eine einfallende Schutzklaue gegen das vorzeitige Einrücken und zur Unterstützung der Ausrückbewegung.

Die Ständerdetails sind nebenan gezeichnet, der grössere für den Zapfen der Kuppelungsspindel in etwas verkleinertem Maasse. Auch Einzelheiten der sonstigen Kuppelungsspindeln und Muffen finden sich in der Zusammenstellung 139, die ohne Weiteres verständlich ist.

§ 831. Für Draht, d. h. Rund- und Quadratfabrikate von 5—14 mm Dicke (dem sich auch dünnes Flacheisen bis zu 20 mm Breite anschliesst), wendet man, abgesehen von Specialconstruktionen, theilweise ähnliche Walzwerke an, wie sie vorher für das Feineisen angegeben und beschrieben worden sind.

Man gibt dabei den Walzen

für Eisen 220—230 mm und 500 Umgänge,
„ Stahl 260 mm und 420 Umgänge.

Die Vorwalzen macht man stärker, bis 300 mm, und bewegt sie mit nur 250 Umgängen; sie liegen in einem oder zwei Gerüsten und werden durch besondere Transmissionen bewegt. Von der Maschinenaxe gehen 7—9 Seile von 50 mm oder ein entsprechender Riemen nach der Axe der Vorwalzen und von da eine Uebersetzung von 5 Seilen nach der Fertigwalzenstrasse, wobei die kleinste Seilscheibe 1,70—1,75 mm Durchmesser hat. Ueber die Vorzüge von Seilen und Riemen ist viel gestritten worden; ersteren rühmt man nach, dass sie nicht so leicht rutschen, was bei der grossen Umfangsgeschwindigkeit (30—50 m pro Secunde) mit Riemen leichter passirt, die dann auch abspringen können. Ausserdem soll ihre Unterhaltung billiger sein als die der Riemen, deren grosse Breite (300—700 mm) sie sehr schwer macht.

Dafür haben die Seile die Eigenheit, sich (vermuthlich durch Aufdrehen) ungleich zu längen und dadurch auch ungleich zu wirken; sie müssen deshalb durch wiederholtes sorgfältiges Spleissen gekürzt werden. — Die beiden Strassen liegen etwa 8—10 m voneinander, die Vorstrasse näher an den Oefen.

Wegen des raschen Umlaufs der Walzen versieht man zur sichereren Befestigung der Ständer die Sohlplatten mit genau behobelten hohlen Rippen, auf denen man die Ständer an jeder beliebigen Stelle mittelst Schraubenbolzen befestigen kann.*)

Als Abmessungen für die Drahtwalzwerke werden angegeben:

Ständerquerschnitt $= 0{,}3\ D^2$ (D der Walzendurchmesser),
Walzenzapfen $= 0{,}6\ D$,
Druckspindeln $=$ 60 mm.

Die Kammwalzen werden heutzutage meist mit Winkelzähnen hergestellt und sehr genau bearbeitet, damit sie einen ruhigen Gang erhalten.

Wegen der nothwendigen Schnelligkeit des ganzen Betriebes sind zur Vermeidung von Irrungen nur ganz wenig (1—2) Kaliber auf jeder Walze eingeschnitten und ausserdem noch sogenannte Führungen angeordnet, welche genau vor den Kalibern liegen und den Stab zwingen, in das Kaliber genau in derjenigen Stellung einzutreten, die ihm gegeben wurde, was bei der eigenthümlichen Kalibrirung der Drahtwalzen nicht ohne Weiteres ausführbar sein würde.

Die Führungen, meist zweitheilige Büchsen mit je halb eingegrabenen Kanälen, die bei Zusammenfügung genau die Form des betreffenden Kalibers, nur ein wenig grösser, zeigen, werden in dem der Länge nach geschlitzten Führungsbalken genau befestigt.

Während das Walzen zwischen den Vorwalzen ganz ähnlich verläuft wie die Arbeiten auf den gewöhnlichen Walzwerken, arbeitet man auf der Schnellwalze ganz anders.

Man muss der raschen Abkühlung wegen eine möglichst rasche Streckung bewirken, so dass der Draht, wenn möglich, rothglühend aus dem letzten Kaliber tritt. Deshalb wartet man das vollständige Durchlaufen eines Walzstückes nicht ab, ehe man es in das nächste Kaliber steckt, sondern

*) Aehnliche, sehr genaue Einstellungen haben die Nordamerikaner schon längst bei ihren Walzwerken überhaupt (einschliesslich Grob- und Mittelwalzwerken) eingeführt; bei den Blockwalzwerken kommt diese Art der Ständerbefestigung zunächst zur weiteren Besprechung.

lässt den Stab gleichzeitig mehrere Kaliber durchlaufen, so dass sich zwischen den Durchgangsstellen in Folge der verschiedenen Streckung grosse, auf der Hüttensohle sich hinschlängelnde Schleifen bilden.

Die Arbeit muss dabei immer noch sehr rasch gehen, besonders da vor dem Wiedereinstecken des Drahtes das Ende untersucht, bezw. abgeschnitten werden muss, wenn es aufgespalten oder aufgerissen ist.

Durch diese Complication wird die Arbeit vor den Schnellwalzen gefährlich, da leicht Verletzungen durch die sich hin- und herschlängelnden Drahtschleifen hervorgerufen werden. Durch in die Sohle eingeschlagene starke eiserne Pfähle mit hakenartig gebogenem Oberende hinter dem Standort der Arbeiter hat man wohl eine gewisse Sicherheit zu schaffen gesucht, ebenso durch mit Geländen eingefasste Bahnen, in denen die Arbeiter stehen.

§ 832. Der Versuch ist auch gemacht worden, durch Abänderung der ganzen Walzwerksbauart die Arbeiter an den gefährlichsten Stellen ganz zu ersparen.

Zunächst sind bogenartige Riemenführungen zu nennen, aber ihre Wirkung wird meist durch die wechselnde Zunahme nach jedem Durchgang, die ihrerseits wieder von der Anfangstemperatur abhängig ist, vereitelt, so dass schliesslich doch wieder Arbeiter zur genaueren Einführung der Drähte nothwendig sind.

Dann sind neuere Walzwerksconstruktionen entstanden, welche bezweckten, die Walzarbeit gegen das Ende hin durch vergrösserte Umfangsgeschwindigkeit noch mehr zu beschleunigen und dadurch nebenbei auch dünneren Walzdraht zu erhalten.

Im Jahre 1878 wurde auf der Pariser Ausstellung ein Drahtwalzwerk von Roy sehr bemerkt, welches das continuirliche Walzen durch Construktion passender Führungen sowie durch genaueste Anpassung der fortdauernd steigenden Geschwindigkeiten an die Kalibrirung, d. h. die Querschnittsveränderungen, gegen frühere, in Amerika besonders versuchsweise betriebene Methoden zu vereinfachen versucht hat.

Bekannt war das System der hintereinander stehenden Walzenpaare von While, welches in Manchester zum Walzen der Telegraphendrähte schon längst bestand. Es folgten in diesem System mehrere horizontale Walzenpaare aufeinander, und zwischen je zweien derselben waren zur Vermeidung der Drehung um 90^0 sowie zur Führung verticale Walzenpaare angeordnet.

Die Transmission, welche naturgemäss sehr complicirt war, erwies sich als nachtheilig (Kerpely's Jahresberichte 1878, S. 379); sie bestand aus einer langen Welle, mit Kammwalzen und konischen Getrieben abwechselnd besetzt, die sehr genau zu arbeiten hatten.

Die Zahl der Gerüste war hierbei demnach nicht verringert, wohl aber kam man mit einem Arbeiter für die ganze Strasse aus.

Diese Verticalwalzen sind bei dem Roy'schen Walzwerk durch sinnreiche Führungen ersetzt, welche den Stab drehen und gleichzeitig so weiterführen, dass nur zwei Walzenpaare hintereinander nöthig, alle übrigen aber unter diesen angeordnet sein können. Ein Gerüst enthält das ganze System von acht Walzenpaaren, wodurch ein wesentlicher Fortschritt in Bezug auf die Anlagekosten, die Betriebskraft und die Raumersparniss resultiren musste.

Diese acht Walzenpaare sind in zwei Systemen disponirt, so dass in jedem derselben vier Walzenpaare übereinander, in jeder Walzenmittelhöhe aber zwei Walzenpaare hintereinander liegen.

Da jedes Walzenpaar nur einen Stich hat, sind im Ganzen nur acht Stiche vorhanden, und das Roy'sche Walzwerk beginnt naturgemäss seine Thätigkeit mit einem bereits vorgestreckten Stabe. Der Drahtknüppel wird auf einer Feineisenstrasse bis auf 16 mm Quadrat vorgewalzt und tritt in den Ovalstich des ersten Walzenpaares, dann in den Quadratstich des zweiten Paares und so fort, bis im letzten Walzenpaar entweder Quadrat- oder Runddraht austritt.

Die zwischen je zwei Durchgängen erforderliche Drehung wird durch die beim Austreten des Stabes denselben aufnehmenden Führungsbüchsen bewirkt, sowie durch die gleichzeitig die Ueberleitung von einer Walzenmittelhöhe zur nächsttieferen vermittelnden Führungsbögen, gekehlte Stahlbügel mit Hilfsführungen, für den Fall, dass der Draht gezerrt würde und dadurch in flacherem Bogen nach der nächsten Walze gebracht werden müsste.

Die Entfernung zwischen zwei in der Arbeit nacheinander wirkenden Stichen ist so gross, dass im Fall einer Stauchung Raum genug zum Ausweichen des Drahtes vorhanden ist und doch die Sicherheit des Eintritts in das nächste Kaliber nicht gefährdet wird. Die Einführungen sind für den Fall leichten Ausweichens des Drahtendes immer mit erweiterter Mündung versehen.

Die Transmissionen sind natürlich etwas complicirt und bestehen in zweierlei Vorrichtungen:

Kammwalzenverbindungen der beiden Walzen jeden Paares für sich und

Getriebeübertragungen zwischen den aufeinanderfolgenden Paaren.

Zu ihrer besseren Unterbringung und Lagerung sind drei Ständer vorhanden, zwei näher aneinanderstehende zum Unterbringen der Kammwalzen und zwei etwas weitergestellte zur Aufnahme der Uebertragungen.

Die letzteren sind natürlich so gruppirt, dass ihre Drehungsrichtungen mit denen der Walzen identisch sind, mit deren Axen sie direkte Verbindung haben. Die Kammwalzen übertragen die Bewegung innerhalb des Walzenpaares selbst und nur eine Axe jeden Paares braucht bis in die Getriebeübertragungen zu reichen.

Von sämmtlichen Walzenpaaren drehen sich 1 und 2, 5 und 6 in gleichem Sinne, während 3 und 4, 7 und 8 in anderem Sinne sich bewegen, wenn man, dem Drahtstab folgend, nummerirt.

Die Bewegung des Walzwerkes selbst erfolgt von einer besonderen, zwischen den untersten und nächsthöheren Walzenpaaren und ebenso zwischen den beiden Verticalsystemen 2, 3, 6, 7 und 1, 4, 5, 8

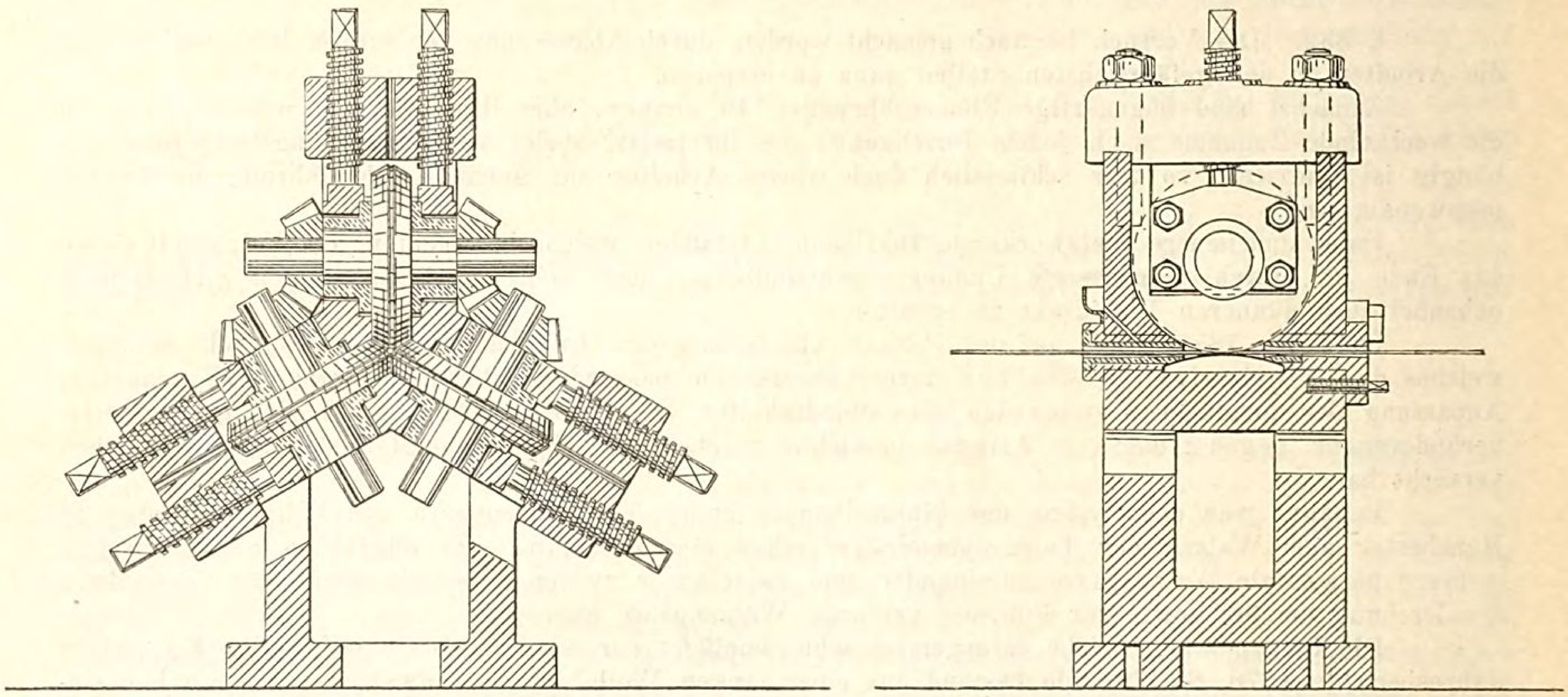
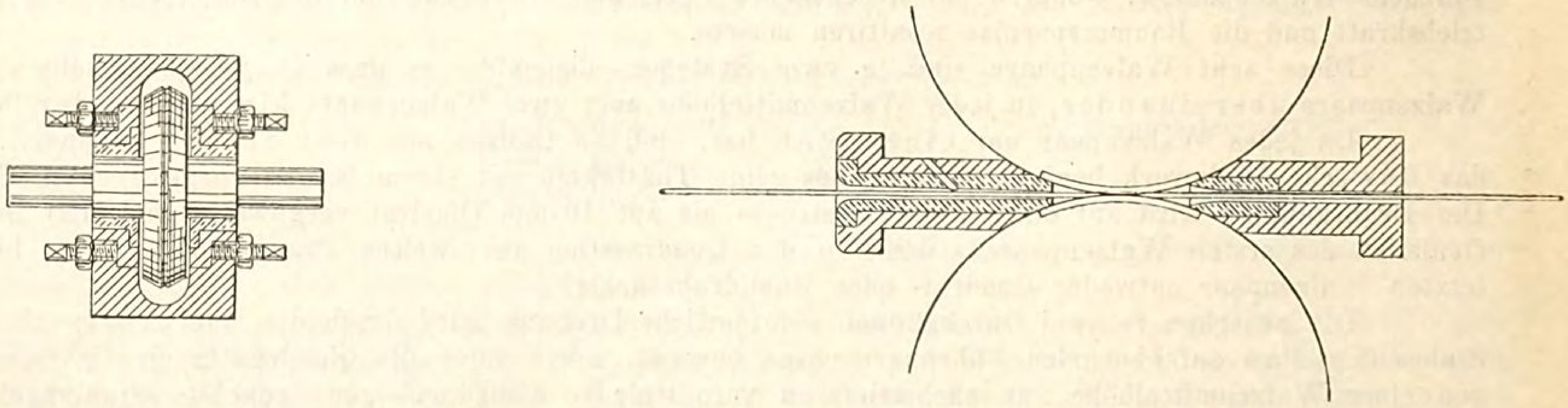


Fig. 140



gelagerten Welle aus, auf welcher ein Getriebe sitzt, das zunächst die Bewegung nach den Walzenpaaren 7 und 8 überleitet, von wo die Uebertragungen weiter arbeiten.

Gerühmt wurde die leichte Zusammensetzbarkeit des ganzen Walzwerkes und daraus folgend die Auswechselbarkeit der Walzen und aller zugehörenden Stücke.

Dagegen wurde der unerlässliche hohe Grad von Genauigkeit in der Construktion und Ausführung, Herstellung und Bearbeitung der Transmissionen als Nachtheil empfunden (Kollmann, Berg- und Hüttenmännische Zeitung 178, S. 181).

Wedding (Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses 1880, S. 227 u. 478) schreibt sehr richtig die Schwierigkeit, die sich (damals) der allgemeinen Anwendung des Roy'schen Walzwerkes entgegensetzen dürfte, der Unmöglichkeit zu, allen Walzstücken beim Eintreten in das Walzwerk absolut gleiche Temperaturen, also auch den gleichen Verlauf der Abkühlung, zu geben.

Deshalb könnten die Geschwindigkeiten der einzelnen Walzenpaare eben nur auf mittlere Werthe berechnet werden und es folgten hieraus nach beiden Seiten hin leicht Ungenauigkeiten in der Arbeit.

Noch schärfer beurtheilt Wedding ein Drahtwalzwerk von R. Daelen in Düsseldorf (D. R.-P. No. 5433), welches aus abwechselnden Horizontal- und Verticalwalzen besteht, die so hintereinander angeordnet sein sollten, dass der Draht ohne lange Führungen und ohne gedreht werden zu müssen, hindurchläuft. Obschon auch hier die Geschwindigkeit in den aufeinanderfolgenden Walzenpaaren wächst, bezweifelt Wedding die Möglichkeit, Stauchungen und übermässige Streckungen zu vermeiden.

Noch ist auf die durchaus andere Kalibrirung dieses Walzwerkes aufmerksam zu machen: eine Abwechselung von Flach und Quadrat, bis zuletzt ein Ovalstich dem Endkaliber vorhergeht.

§ 833. Ein durchaus anderes Princip für das Drahtwalzen hat W. Bansen in Bodenbach aufgestellt und durchzuführen gesucht. Es ist dasselbe vorzugsweise dahin gerichtet, das Gebiet des Feinwalzens zu erweitern und sogar das Ziehen ganz oder wenigstens theilweise zu ersetzen, also mit der Dicke des Walzdrahtes unter 4,5 mm herunterzugehen. Ob dies gelingt, ist unsicher, da, wie Wedding (a. a. O., S. 231) hervorhebt, die Führung des so dünnen Drahtes immer schwieriger wird und auch die vermehrte Anzahl der Querschnittsänderungen in den aufeinanderfolgenden Kalibern die Struktur ungünstig beeinflusst. Der Draht wird dadurch leicht spaltig, was sich bekanntlich selbst schon bei Stiften aus gröberem Walzdraht zeigt. Daelen ist hierdurch veranlasst worden, Oblongkaliber zu wählen.

Das Walzwerk von Bansen (D. R.-P. No. 49) sucht die Feinstreckung durch Combination von drei oder vier Walzen zu einem System zu erreichen (Fig. 140 stellt das erstere beider Systeme dar).

Die Walzen erscheinen als dicke Scheiben mit doppelkonisch abgedrehtem Rand und haben auf der dadurch entstehenden Kante oder Schneide den Kalibereinschnitt. Winkelgetriebe übertragen die Bewegung. Büchsen vermitteln den Eingang und die Führung, während eine zweite Büchse beim Austritt den Draht aufnimmt und durch Passirenlassen eines Schlichtstahls die Walznähte entfernt.

Der Draht soll nunmehr durch mehrere solcher Systeme hintereinander laufen, welche nur immer 0,5 mm weniger Durchmesser haben als die vorhergehenden.

Bansen verbesserte dieses Dreiwalzensystem, nachdem er in einem anderen Patent die Anordnung des Universalwalzwerkes für vier Scheiben, paarweise hintereinander aufgestellt, angenommen hatte. Der bei den Universalwalzwerken im Allgemeinen beobachtete Fehler, dass sich leicht Verschiebungen und Nähte bilden können, muss sich bei so schwachen Walzstücken wiederholt haben.

Die Verbesserung des Dreiwalzensystems bestand darin, dass in dem Zusatzpatent No. 4970 zwei der oben gezeichneten Trios hintereinander und um 60° verstellt angeordnet waren, so dass die im vorderen Trio gebildeten Nähte von dem zweiten weggenommen werden.

Jede einzelne der sechs Walzen ist mit zwei Stellschrauben und zwei Druckschrauben versehen und der Draht passirt zwischen beiden Walzentrios eine enge Führung und geht beim Austritt durch ein Schlichteisen.

Ein eigenthümlicher Walzapparat ist der von Altpeter & Horst in Neuwalzwerk bei Menden construirte (D. R.-P. No. 4902), welcher, dem vierwalzigen, nach Art der Universalwalzwerke funktionirenden Walzwerk von Bansen entsprechend, zwei Walzenpaare miteinander combinirte, aber durch ein Ziehwerk den zugespitzten Draht hindurchzog, so dass sich die Walzen nur durch Reibung mitbewegten und man eher ein aus Rollen gebildetes Drahtzugkaliber als ein eigentliches Walzwerk vor sich hatte.

Ueber neuere und neueste Drahtstrassenanlagen macht R. M. Daelen in Stahl und Eisen 1889, S. 177, ausführliche Mittheilungen, auf welche verwiesen wird.

3. Kapitel.

Einrichtung und Betrieb der Walzwerke für sehr lange und starke Eisensorten (Schienen- und Trägerwalzwerke).

§ 834. Bezüglich der Walzwerke für grobes Eisen sind nach und nach Uebergänge von den ursprünglichen Vorrichtungen zu sehr grossartigen Anlagen entstanden, als besondere Anforderungen betreffs Profilgrösse, Stablänge etc. auftraten.

Auch die Uebertragung der Grobeisenfabrikation auf das Gebiet eines ganz anderen, viel härteren und weniger geschmeidigen Materials, des Flusseisens, machte Aenderungen unvermeidlich.

Eisenbahnschienen sowie gewöhnlichere Profile wurden anfänglich auf Walzenstrassen hergestellt, die sich in ihren Dimensionen wenig von denen der Luppenstrassen unterschieden.

Walzen von vielleicht 500 mm Durchmesser, selbst schwächer, und 1,250—1,525 m Tafellänge reichten vollkommen aus, die gestellten Aufgaben zu lösen. Man walzte Schienen und gewöhnliche Façon-

profile mit Maschinen von nominell 100—120 Pferdekräften und vermochte damit schon grössere Tagesleistungen zu erreichen. Sobald indessen ungewöhnlich lange Stäbe oder grosse Profile auftraten, entstanden Schwierigkeiten aller Art.

Man verlängerte die Walzen und dies führte auch zu ihrer entsprechenden Verstärkung; man griff zu der Benutzung mehrerer anstatt zweier Walzenpaare und, um bei sehr langen Stücken die Arbeit nicht durch die langen Pausen des Zurückgebens zu unterbrechen, führte man das Vor- und Rückwärtswalzen durch Umkehrung der Bewegung des Walzwerkes ein, oder man stellte Dreiwalzsysteme auf, wie sie in den vorigen Kapiteln bereits besprochen wurden. Alles dieses steigerte sich durch besondere, bereits angedeutete Umstände.

Erstens wurde eine sehr erhebliche Verstärkung aller Theile eines Walzwerkes nothwendig, als man dazu überging, Flusseisen, zuerst das Produkt der Bessemerretorte, und Gussstahl, das Produkt der Tiegelschmelzerei, zur Herstellung von Schienen zu benutzen. Dazu gesellte sich der Modus, anstatt eine Schienenlänge deren mehrere in einem Stück zu walzen und an Abschnitten (Enden) zu sparen. Um nicht mehr Kaliber zu erhalten und doch bei den durch gewisse Giessverhältnisse bedingten Proportionen der Gussblöcke bleiben zu können, musste man den Walzprocess häufig in zwei Theile zerlegen und zuerst vorwalzen, dann nachwärmen und endlich fertig walzen, oder zur ausgiebigen Verwendung von Triowalzwerken schreiten.

Ein weiteres und das stärkste Moment zur Vergrösserung der Walzwerke war die Anwendung immer grösserer Balken- und Construktionseisenprofile, also das allmälige und durch die Concurrenz immer weiter hinaufgetriebene Wachsen der Fertigprofile, verbunden wiederum mit der Forderung immer grösserer Baulängen. Höhen von 500 mm und Längen von 20—30 m wurden nicht selten erreicht und damit wohl die Grenze, wo der aus einem Stück gewalzte Balken der Eisenconstruktion Platz machen muss, weil die letztere bei gleicher Leistung alsdann geringere Materialmengen gebraucht.

Denkt man sich nun die übrigen Abmessungen des Profils dazu und berechnet aus den früheren Angaben den Raumbedarf der Kaliberreihe, so wird sofort klar, dass man mit den Abmessungen der Walzwerke im Einzelnen wie im Ganzen zu ganz anderen Werthen als bisher schreiten musste.

Dazu war noch die Geschwindigkeit der Arbeit zu steigern, um die vorzeitige Abkühlung der immer länger werdenden und dabei langsamer als früher umgestalteten Stücke zu vermeiden.

Die Kaliberzahl musste sich gegen früher, d. h. gegen Schweisseisen, im umgekehrten Verhältniss der zulässigen Abnahme vermehren, also z. B. für Gussstahl bis $\frac{100}{60}$ der früheren Ziffer, für gewöhnliches Flusseisen immerhin $\frac{100}{80}$ bis $\frac{100}{85}$ des früheren Werthes.

Aus den vorgetragenen Gründen gelangte man zu immer kräftigeren Walzwerksmaschinen und Walzwerken selbst.

Zunächst wuchsen Durchmesser und Länge der Walzen selbst bis 650 und 780 mm Durchmesser und der 2,5—2,75fachen Länge, also 1,575—2,15 m. Weiter zu gehen, gestatteten die tiefen Kalibereinschnitte nicht, während bei glatten Walzen Längen von 3 m nicht selten waren, wie später noch besonders gezeigt werden soll.

Man blieb aber hierbei nicht stehen, da ausser der nach älterem Modus erfolgenden Herstellung von Stäben in einer Hitze und aus geeigneten Blöcken auch noch die Aufgabe hinzutrat, auch grosse und dicke Blöcke zuerst auf ein geeignetes Querschnittsmaass zu bringen, um sie dann weiter zu walzen.

§ 835. Diese Vorblockwalzwerke, welche namentlich für Schienen von mehrfacher Baulänge in Aufnahme kamen, haben theilweise noch stärkere Dimensionen in ihren Einzeltheilen erhalten, als sie bei den stärksten Grobeisenwalzwerken vorkamen. Ein solches Blockwalzwerk ist auf Taf. XXXVI in Fig. 1, 2, 3, 4 dargestellt, wie es durch die vielfachen Berichte über die Ausstellung in Philadelphia bekannt gemacht worden ist. Es ist schon die zweite verbesserte Auflage des ursprünglichen Holley'schen Walzwerkes, wie es in Wedding's Schmiedbarem Eisen (S. 790 u. ff.) Aufnahme gefunden und wurde neuerdings wieder verbessert.

Wie aus den hier mitgetheilten Zeichnungen hervorgeht, besteht das Walzwerk aus einem einzelnen Trio mit zusammen acht nahezu rektangulären Kalibern mit gerundeten Ecken, aufgelegten Leisten auf der Grundfläche und abgeschrägten Seiten.

Das Trio liegt in zwei sehr kräftigen Ständern, welche, dem ursprünglich amerikanischen, jetzt allgemeineren Princip angemessen, nicht mit den Fussstücken in schwalbenschwanzförmigen Platten verkeilt sind, sondern auf gegossenen Trägerplatten mit gehobelten Prismenflächen sitzen, die auf beiden Seitenmauern des Fundaments fest aufgelegt und angezogen sind. Durch untergreifende Keilbolzen wird die Befestigung der Ständer an den Lagerträgern hauptsächlich bewirkt. Die Köpfe aller Ständer sind durch Rundeisen und Muttern ebenfalls fest miteinander verbunden.

Die oberste und die unterste Walze sind fest eingestellt und unverrückbar, während die Mittelwalze verstellbar ist. Dieselbe ist in zwei am besten aus Stahl hergestellten Lagerklötzen gelagert, die fest aneinander stossen und von denen der untere eine Metallschale hat. In den beiden Blöcken ist das Muttergewinde der beiden Stellspindeln genau eingeschnitten und zwar ein rechtes auf der einen, ein linkes auf der anderen Seite. Zwei entsprechende Schraubenspindeln gehen durch das Lager hindurch und heben und senken dasselbe, sobald sie in der einen oder anderen Richtung (stets natürlich entgegengesetzt) gedreht werden.

Beide Schraubenspindeln stehen zu unterst in Spurlagern der inneren Ständervorsprünge, beiderseits des Unterlagers, und gehen oben durch Büchsen hindurch, die in den Walzenständern eingepasst sind.

Am oberen Ende, aber noch innerhalb des Ständerkopfes, tragen die glatten Spindelenden Vorsprünge oder „Bunde“, welche jede zu weit gehende Bewegung nach oben ebenso zum Halten bringen sollen, wie die Spurlager eine Bewegung nach unten. Dies geschieht dadurch, dass dieser Theil der Spindeln von einer aus zwei Hälften bestehenden, durch Schrauben zusammengeschlossenen Hülse oder Muffe umgeben wird, welche die Distanz zwischen Oberfläche des obersten Walzenlagers und Unterfläche des Ständerkopfes ausfüllen und jedes Steigen der Spindeln selbst, wie auch der Oberwalze, verhindern. Diese Hülsen sind in den bekannten Zeichnungen fortgelassen.

Die Spindeln tragen am Oberende, ausserhalb des Ständers, Zahnräder, welche auf zwei parallelen Zahnstangen, die zu einem Rahmen verbunden sind, eingreifen. In den Querstücken des Rahmens ist eine Kolbenstange, den Zahnstangen parallel, sicher befestigt und auf der Mitte dieser Kolbenstange sitzt ein Kolben, der sich in einem zwischen den beiden Walzenständern befindlichen und an denselben befestigten horizontalen, hydraulischen Cylinder bewegt.

Die Zahnstangen führen sich ganz sicher auf der Aussenseite des Cylinders und drehen bei ihrer Hin- und Herbewegung die auf den Spindeln sitzenden Zahnräder und damit auch die Spindeln.

Aus der Anordnung ergibt sich von selbst die Nothwendigkeit, die Spindeln mit entgegengesetzt steigenden Schraubengängen zu versehen.

An dem Lager der Mittelwalze ist einerseits ein Zeiger zur genaueren Einstellung des Spiels, andererseits eine Zugstange befestigt, welche mit einem Winkelhebel im Fundament in Verbindung steht, der festgelagert ist und von der Bühnenhebevorrichtung berührt wird, wenn beide Tische oder Rollenbühnen ihren höchsten Stand erreichen. Der Zweck dieser Verbindung ist nicht weiter angegeben; vielleicht dachte man ausser der hydraulischen Handsteuerung sich noch eine selbstthätige.

§ 836. Was an der Holley-Fritz'schen Walzwerksanordnung vom Anfang an am meisten Aufsehen erregte, war eben die gedachte Bühneneinrichtung.

Beiderseits des Walzwerkes befindet sich, wie besonders aus den Figuren 2 und 3 ersichtlich ist, je eine aus zwei Trägern und Querverbindungen zusammengesetzte Rahmenconstruktion, welche am Ständer selbst durch zwei starke, auf Rundstangen gleitende Hülsen, am Ende dagegen, wo eine Art Stand oder Sitz für den Arbeiter sich auslädt, durch Metallbacken auf einer vierkantigen Stange geführt wird.

Der Rahmen trägt eine grosse Anzahl von Rollen oder Walzen, welche durch an der einen Seite liegende Stirngetriebe (in der Draufsicht Fig. 3 verdeckt) bewegt werden und ihrerseits zur Bewegung der Blöcke selbst dienen.

Eine kleine Zwillingsdampfmaschine, links vom Walzwerk stehend, bewegt bald in dem einen, bald in dem anderen Sinn eine mit je einem Stirngetriebe auf jeder Seite des Walzwerkes versehene Welle, welche ungefähr zwischen Mittel- und Unterwalze die Strasse kreuzt.

Von diesem Stirngetriebe aus überträgt sich die Bewegung mittelst eines grossen und eines kleinen Getriebes auf die längs der die Hebetische bildenden Rollenrahmen in Büchsen, welche am Rahmen durch Stützen befestigt sind, gelagerte Bewegungswelle der Rollen oder Walzen.

Die auf den Axen der letzteren befestigten Stirngetriebe werden durch zwischenliegende Stirngetriebe gleichsinnig bewegt und die letzteren erhalten von der eben genannten äusseren Bewegungswelle aus durch Winkelradübersetzung den erforderlichen Antrieb. Die mittleren drei Walzen haben nur einen solchen Antrieb, stehen aber durch ihre Zwischenräume ausfüllende Stirngetriebe in Verbindung.

Um das Uebertragen der Bewegung von der Maschinenwelle aus auf die Bewegungswelle der Tische in jeder Lage der letzteren zu sichern, sind beide durch gegenkurbelartige Hebelstücke verbunden, deren Drehpunkt die Axe des Mittelgetriebes der Uebertragung bildet. Dadurch wälzt sich, wie in der Detailfigur 4 angedeutet ist, das entsprechend grosse Mittelgetriebe beim Heben der Tische um das Getriebe der Maschinenwelle und das Getriebe der Bewegungswelle auf dem Mittelgetriebe herum, wenn Hebung erfolgt. Bei der Senkung vollzieht sich die umgekehrte Bewegung.

Hebung wie Senkung der Tische geschieht durch eine vor dem Walzwerk (Fig. 2, links) in einer Vertiefung der Sohle liegende, einfach wirkende, hydraulische Maschine, deren Kolbenstange, nach der dem Walzwerk abgewendeten Seite heraustretend, durch Kreuzstück und Zugstangen auf zwei Paar Kunst- oder Hebelkreuze wirkt, deren Mittelarme eben von der Maschine gefasst werden, während die

äusseren Seitenarme mit Gegengewichten versehen sind, die inneren aber durch anscheinend je zwei Langstücke mit den beiden Tischen verbunden sind.

Die Zeichnung zeigt die untere Stellung und die Bühne ruht auf den vorgesehenen Stützpunkten fest auf, die Gewichte sind hochgezogen. Beim Kolbenwechsel kommen letztere zur Geltung und halten die Bühnen hoch.

In der Beschreibung der ganzen Anlage durch P. von Tunner (Das Eisenhüttenwesen zu Philadelphia; Wien 1877, S. 158) wird angegeben, dass die Gewichte etwas leichter als die Bühnen angenommen worden seien, um das Zurücksinken der letzteren durch ihre Uebermacht zu sichern. Der Wasserdruck hat bei der Hebung der Bühnen lediglich den nicht ausgeglichenen Gewichtsantheil und die sonstigen Widerstände zu überwinden.

Die Oberwalze ist durch besondere Gewichte, deren Druckstangen durch die Ständer hindurchgehen, ausgeglichen.

Noch ist zu bemerken, dass unter dem Tisch der einen Seite sich ein Gestell auf Rollen quer zur Walzrichtung bewegen lässt, welches eigenthümlich gestaltete Werkzeuge zum Umkanten der Blöcke trägt. Dieselben wirken nur in der unteren Tischstellung dadurch, dass die nach dem oberen Durchgang auf den gehobenen (linken) Tisch gelangten Blöcke beim Senken des Tisches auf die Hebedaumen ähnlichen, mit Zacken versehenen (Hörner) Werkzeuge (s. die punktirte Darstellung in Fig. 4) stossen und dadurch zur Seite gedrängt werden. Eine Verschiebung ist ohne Weiteres nicht möglich, da die untere Blockkante auf den Unebenheiten der Daumen- oder Hörnerfläche hängen bleibt und scheinbar gehoben wird, bis der Block kantet.

Ein ebenfalls hydraulischer Cylinder gestattet, den Rahmen mit den vier Umkantdaumen beliebig vor jedes Kaliber zu stellen.

Bezüglich der Betriebskraft für die ganze Einrichtung sind von von Tunner nachstehende Angaben gemacht:

Der Dampfcylinder der Maschine hat 3 Fuss Durchmesser und 5 Fuss Hub, und es macht dieselbe bei 4 Atmosphären Dampfspannung 40 Touren in der Minute, woraus sich ca. 800 nominelle Pferdekräfte ergeben.

Für den Betrieb der hydraulischen Cylinder ist unter der Annahme, dass der Accumulatorendruck der Gesammtanlage 30 Atmosphären betrage, ein Cylinderdurchmesser von 6 Zoll zum Antrieb der Stellschrauben, von 14 Zoll zum Heben der Tische und des Walzstückes und schliesslich von 8 Zoll für die Querbewegung des Walzstückes (Kanten) als erforderlich angegeben.

§ 837. Nachdem diese und andere Walzwerksanlagen der Amerikaner die Bewunderung europäischer Techniker erregt hatten und sich dieses Gefühl in manchen öffentlichen Besprechungen Luft machte, ist man auch in Europa, namentlich in Westdeutschland, bemüht gewesen, das Gute und Benutzbare an den überseeischen Einrichtungen einzuführen und zu benutzen.

In dieser Hinsicht ist auf einen Vortrag von Blass im Technischen Verein für Eisenhüttenwesen hinzuweisen (Sitzung vom 12. Mai 1874, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1875, S. 60), welcher namentlich im Hinweis auf das vorstehend beschriebene Vorblockwalzwerk Fritz-Holley die grössere Genauigkeit in der Bearbeitung und Zusammensetzung der amerikanischen Walzwerke im Vergleich zu den europäischen hervorhebt.

Zur Vervollständigung des Gesagten kann hier wiederholt werden, dass das Holley-Fritz'sche Walzwerk von drei jungen Burschen bedient wurde, Blöcke zu drei bis vier Schienen verarbeitete und 70,000 Dollars = 280,000 Mark gekostet hat.

Die nach einer Aeusserung von R. M. Daelen bereits angestrebte bessere Construktion, Ausführung und Montirung der Walzwerke, besonders der schwereren, erhielt, wesentlich in Folge dieser Anregung und Kritik, noch mehr Impulse, und man verliess bei den nunmehrigen Neubauten immer mehr die alte, seiner Zeit von England überkommene Chablone.

Gewissermaassen im Anschluss hieran entstanden Vorschläge von L. Mannstädt in Kalk zur Vermeidung des durch unvollkommene Lagerung der Walzenzapfen eintretenden Mehrverbrauchs von Betriebskraft bei Triowalzwerken. Das Mittel besteht darin:

die Unterwalze offen in einem Lagerblock liegen zu lassen;

die Mittelwalze in ein Kastenlager auf eine Brücke zu legen, die zwischen beiden Ständersäulen angegossen angebracht ist;

die Oberwalze durch einen Keil einzustellen, der von dem Kastenlager der Mittelwalze getragen wird.

Auch die ausgeschlissenen Oberschalen der Mittel- und Oberwalze können durch Schraubenkeile mit Sperrrädchen und Klinke fest auf den Walzenzapfen gezogen werden. (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1876, S. 337.)

R. Daelen, indem er die vorstehenden Einrichtungen bespricht, schlägt zur Festlagerung der Mittelwalze statt der etwas gebrechlich aussehenden Brücke Ohren oder Vorsprünge der Ständer rechts

und links vom Unterwalzenzapfen vor. Im Uebrigen bauen sich die Kastenlager der Walzen fest aufeinander, mit der Modification, dass für Keileinlagen Raum gegeben ist. (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1877, Seite 36.) — Nicht in gleicher Richtung, sondern mehr im Sinne einer Verbesserung der Kaliberanordnung bei Triowalzwerken bewegen sich die Vorschläge von Thomas, welcher die sogenannten todten Kaliber dadurch zu vermeiden sucht, dass nur die Mittelwalze ihrer Länge nach und zwar so kalibrirt wird, dass die eine halbe Länge mit den Rippen, die andere halbe Länge mit den Furchungen versehen ist. Dementsprechend sind Ober- und Unterwalze nur in ungefähr der halben Länge mit Kalibern versehen, während die andere Hälfte ohne Kaliber, daher nach den Walzenzapfen konisch verlaufend, gegossen und abgedreht ist. — Weitere Ausbildungen für alle Arten grober Profile gibt die Quelle. (Engineer 1877, 24, S. 226; Zeitschrift des steyrischen u. kärnthnerischen Berg- und Hüttenmännischen Vereins 1878, S. 216 [v. Tunner]; Dingler's Journal 1878, Bd. 227, S. 143.)

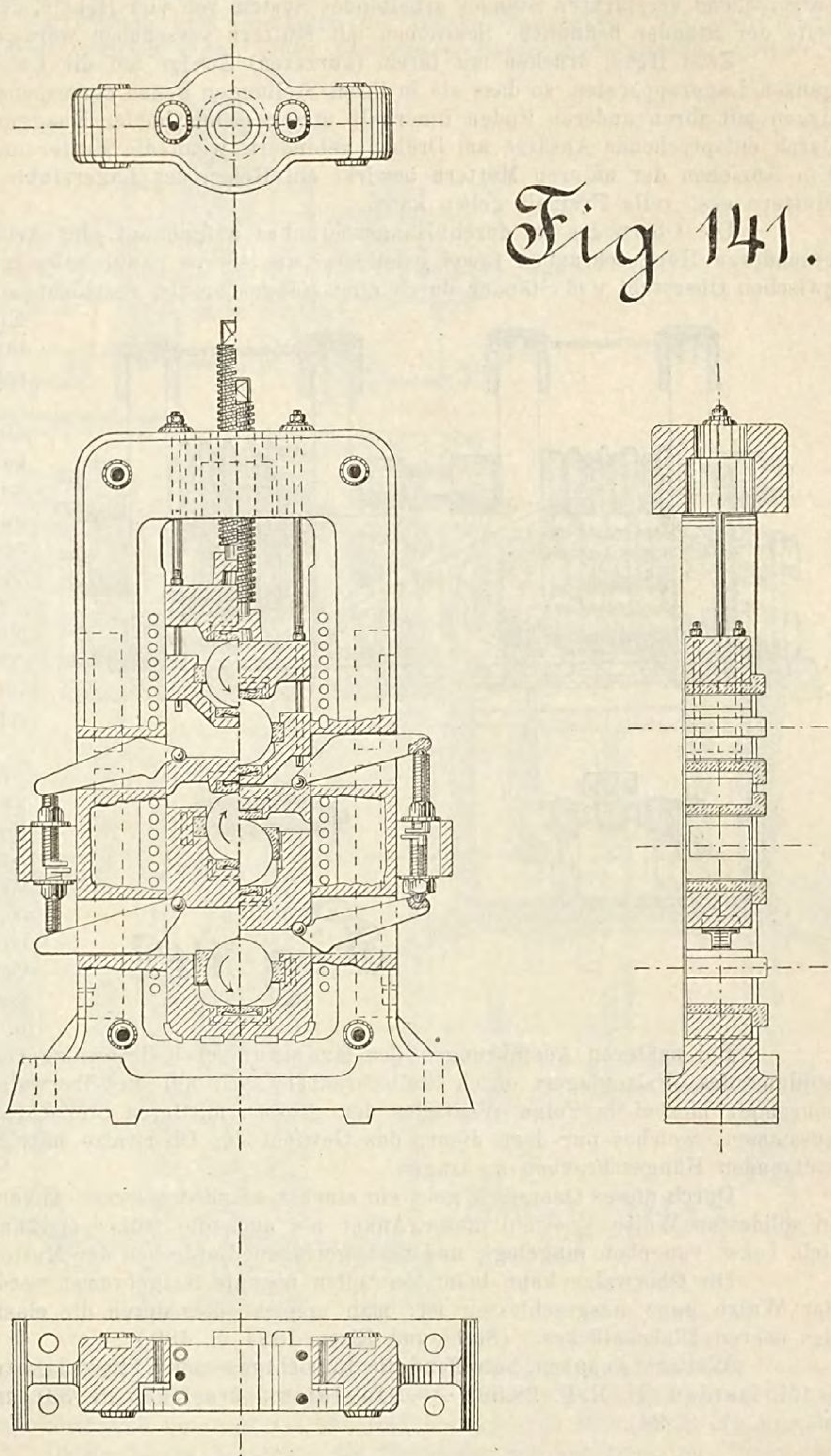


Fig 141.

§ 838. Unter den einheimischen Verbesserungen der Walzwerksconstruktionen, wie sie für Triowalzwerke geeignet sind, mag die von Erdmann hier Erwähnung finden. Sie soll den Bedingungen möglichst entsprechen, welche an ein Triowalzwerk als ein industrielles Werkzeug zu stellen sind, d. h.

1. Möglichkeit, die Walzen während des Betriebs selbst einzustellen;
2. Lieferung der verlangten Stärke auf das Genaueste;
3. Unabhängigkeit der Einstellung jeder Walze von den anderen;
4. Gefahrlosigkeit;
5. absolute Druckentlastung des Walzwerkes, d. h. Uebertragung des Walzdruckes von den arbeitenden Walzen direkt auf die Ständer, ohne die dritte Walze in Mitleidenschaft zu ziehen;
6. geschlossene Lage der Zapfen in der Pfanne;
7. Anpassung der Garnitur von Einsatzstücken für verschiedene Walzendurchmesser (Toleranz 15/00 derselben);
8. rasche und gefahrlose Auswechselbarkeit der Garniturtheile.

Die Unterwalze wird bei der Construktion Fig. 141 als im Lagerstuhl oder auch direkt im Ständer festliegend vorausgesetzt. Erdmann hat aber noch eine andere Modification für die Festlegung der Mittelwalze ausgedacht, die hier nicht zur Abbildung gelangt ist.

Die Mittelwalze für die hier gewählte Eventualität ist einstellbar durch ein in Schlitzen der entsprechend verstärkten Ständer arbeitendes System von vier Hebeln, deren Enden durch auf der Aussenseite der Ständer befindliche Schrauben mit Muttern verschoben werden können.

Zwei Hebel drücken mit ihrem (kürzeren) Zweige auf die Unterseite und auf die Oberseite des ganzen Lagerapparates, so dass sie in ihren Stellungen genau correspondiren müssen. Die Stellschrauben liegen mit ihren anderen Enden innerhalb angegossener hohler Knaggen der Walzenständer und werden durch entsprechende Ansätze am Drehen gehindert, wenn die Mutter angezogen oder nachgelassen wird. Ein Anziehen der unteren Muttern bewirkt ein Heben des Lagerstuhls, dem ein Nachlassen der oberen Muttern erst volle Freiheit geben kann.

Die Oberwalze ist durch Hängeschrauben aufgehängt, der Art, dass der untere Lagerstuhl mit besonderen Hängeschrauben (zwei jederseits) am oberen Stuhl befestigt ist, während die Vermittelung zwischen Oberstuhl und Ständer durch eine Hängeschraube geschieht, so dass die Oberwalze durch diese Einrichtung frei hängt, während ihre Einstellung durch die Druckschraube im Ständerkopf erfolgt.

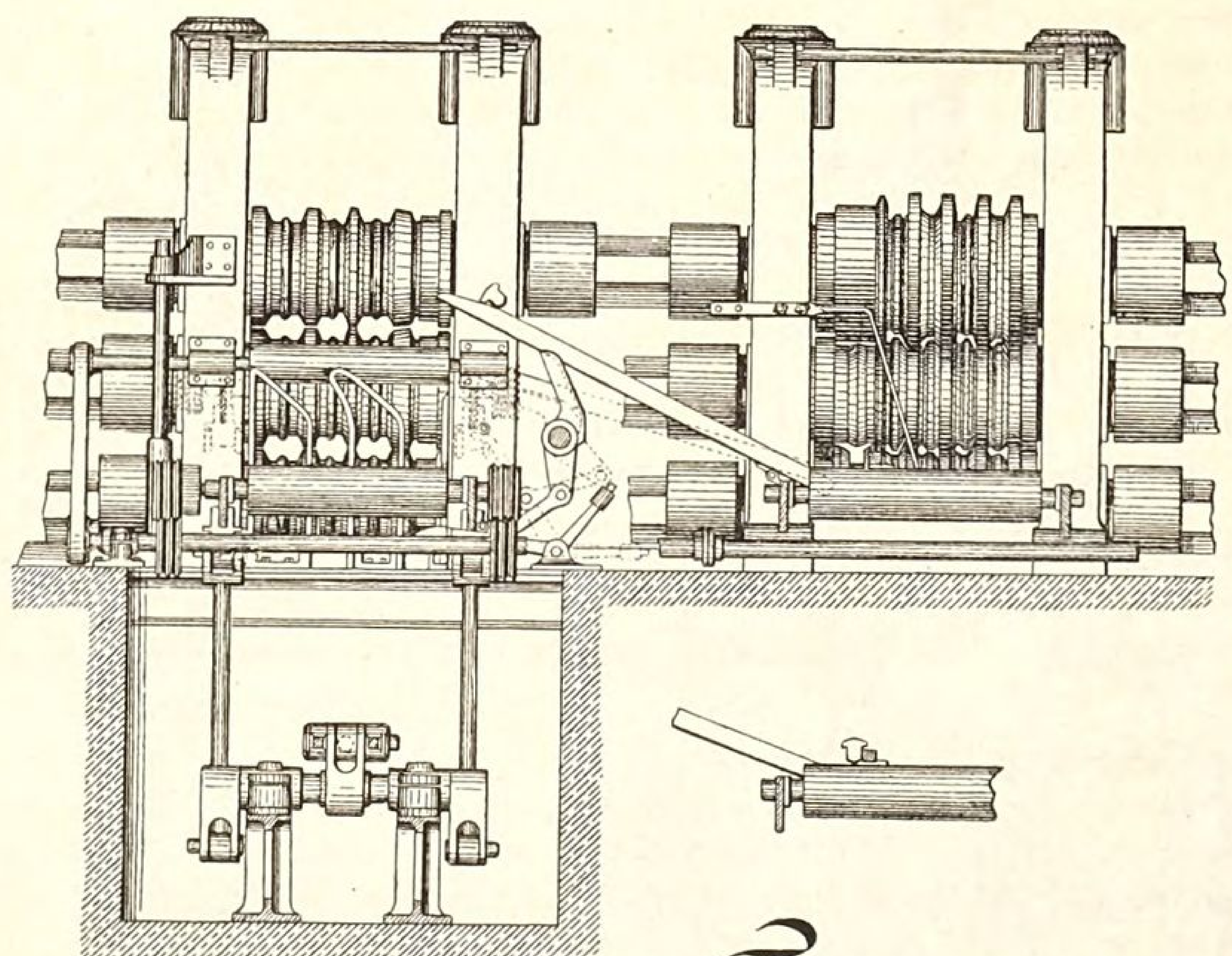


Fig 142

Man kann eventuell auch die Feststellung der Oberwalze durch das gleiche Hebelsystem bewirken, wie es hier für die Mittelwalze angegeben ist; doch bezeichnet Erdmann dieses als nur für sehr hohe Ständer praktisch, wo Hänge- und Stellschrauben schlecht zugänglich sind. Die Abbildung zeigt in der Ansicht zweimal dieselbe Anordnung für intakte und für um 15/₀₀ verschlissene oder abgedrehte Walzen.

Das Problem, für eventuelle Fälle die Mittelwalze festzulegen und die anderen stellbar zu machen, löst Erdmann durch eine andere Anordnung von Schrauben, die aber weniger originell und auch nicht so bequem für fortlaufenden Betrieb ist, wie die hier wiedergegebene Construktion. (Zeitschrift des steyrischen und kärnthnerischen Berg- u. Hüttenm. Vereins 1880, S. 363.)

Bei späteren Ausführungen der Erdmann'schen Triowalzgerüste wurde das Princip der Feststellung des Walzenlagers durch Stellschrauben auch auf die Oberwalze ausgedehnt. Der Ständerkopf schrumpft hierbei in Folge Wegfalles der grossen mittleren Stellschraube zu einem leichten Querstück zusammen, welches nur dazu dient, das Gewicht der Oberwalze mittelst der auf den Pufferfedern sich stützenden Hängeschrauben zu tragen.

Durch dieses Querstück geht ein starker schmiedeeiserner Anker und verbindet die Ständersäulen in solidester Weise. Sowohl dieser Anker als auch die früher erwähnten Hängestangen sind nur seitlich, bezw. von oben eingelegt, und nach geringem Losdrehen der Muttern sofort und leicht demontirbar.

Die Oberwalze kann beim Verstellen niemals festgebremst werden, so dass auch eine Lockerung der Walze ganz ausgeschlossen ist; man erreicht dies durch die elastisch nachgiebigen Hängestangen des oberen Einbaustückes. (Stahl und Eisen 1884, S. 480.)

Weitere Angaben, betreffend die Einrichtung von Triowalzwerken für schweres Eisen, machen R. M. Daelen (D. R.-P. 28,592 — Dingler's Journal 255, S. 33) und R. Meffert (D. R.-P. 28,593 u. a. a. O., S. 34).

§ 839. Ein neueres Blockwalzwerk der Ebbw Vale Works beschreibt Calvers B. Holland im Engineering 1885, Bd. 38, S. 421. Dasselbe ist kein Trio-, sondern ein Reversirwalzwerk ohne Schwungrad, nur mit erheblichen Zahnradübertragungen und Massen.

Vor und hinter den Walzen liegen gleichgrosse Rollentische mit je fünf ziemlich starken Rollen, die ihre Drehung von einer besonderen kleinen Dampfmaschine erhalten. Eine andere Maschine treibt

ein hinter dem letzten Stich an den Rollentisch sich anschliessendes längeres Rollenbett zur Weiterbewegung des aus den Walzen tretenden Stückes. Die Bewegungsübertragung erfolgt in beiden Fällen durch Konusgetriebe von einer gemeinsamen Welle aus.

Wie bei dem amerikanischen Blockwalzwerk Taf. XXXVI und den später zu erläuternden Fig. 142 und 143, ist auch eine Vorrichtung zum Umkanten der Blöcke vorgesehen. Sie besteht aus einem fahrbaren Gestell auf Rädern, welches durch einen besonderen Motor (hydraulischen Cylinder)

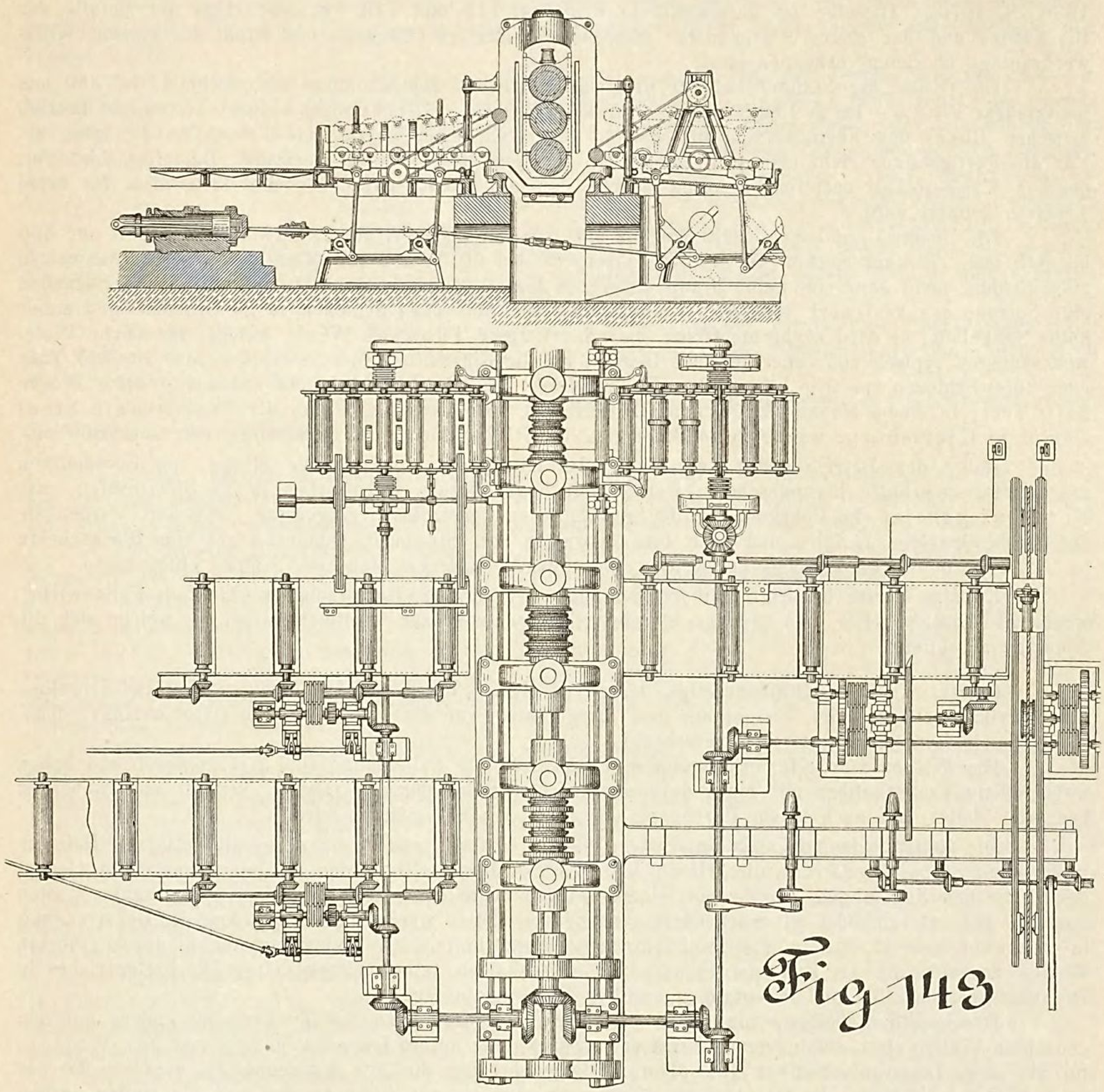


Fig 143

bewegt und vor jeden Walzenstich gebracht werden kann. An der Aussenseite, ausserhalb des Rollentisches, liegt in dessen Rahmen eine vierkantige Betriebswelle, auf welcher sich ein Konusgetriebe, welches gleichzeitig an dem Gestell beweglich befestigt ist, hin und her schieben lässt, wenn das Gestell selbst hin und her gefahren wird. Dieser Konus überträgt die Bewegung der vorgenannten Welle auf die vier Hebelcombinationen der Umkantvorrichtung, welche zwischen den Walzen des Rollentisches funktioniren. Ein besonderer Dampfmotor dreht mittelst Zugstange und Kurbel jene Welle hin und her und hebt oder senkt dadurch alle vier Umkantvorrichtungen gleichzeitig und auch um gleichviel.

Noch ist unter Hinweis auf die Quelle zu bemerken, dass eine hydraulische Einstellung der Oberwalze vorhanden ist, um in den ersten beiden Kalibern vier Durchgänge möglich zu machen. Die

Stichhöhe wird dabei jedesmal um 2 Zoll engl. verändert und man spart dadurch ausserordentlich an Walzenmaterial. Die Dimensionen sind sehr bedeutend, denn der Walzendurchmesser beträgt 3 Fuss oder über 900 mm, die Ballenlänge 7½ Fuss oder über 2,25 m!

§ 840. Eine neuere Ausführung des amerikanischen Blockwalzwerkprincips hat Paul Trasenster in einem Bericht über die amerikanische Schienenfabrikation bekannt gemacht (Revue universelle 1885, II. Serie, p. 18; — Stahl und Eisen 1886, S. 317, und Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1886, S. 1070). Dieselbe ist dargestellt in den Fig. 142 und 143. Erstere zeigt die Details der Blockwalze und der ersten Fertigwalze, während die letztere Grundriss und Profil der ganzen Walzwerksanlage überhaupt erkennen lässt.

Die Grösse der Stahlblöcke, der drei- bis vierfachen Schienenlänge entsprechend, ist 350 mm im Quadrat bei 1,5 — 1,8 m Länge und 1 — 1,5 Tons Gewicht. Diese Grösse bedingt getrennten Betrieb zwischen Block- und Fertigwalzen und wendet man nicht mehr überall das Triosystem durchweg an. Für die Fertigwalzen zieht man vielfach das Zweiwalzensystem mit umsteuerbarer Dampfmaschine vor, obschon Trasenster noch ein Dutzend Werke namhaft macht, auf denen das Triosystem für beide Arbeiten benutzt wird.

Die Blockwalzen haben meist 750 bis 900 mm Durchmesser, die Fertigwalzen dagegen nur 550 bis 610 mm. Erstere machen 40 bis 45, letztere 80 bis 90 Touren pro Minute, wobei das Auswalzen einer Schiene nicht ganz eine halbe Minute dauert, so dass allgemein beobachtet wird, wie alle 30 Secunden eine Schiene das Walzwerk verlässt. Produktionen von 600 Tons Schienen in 24 Stunden sind daher keine Seltenheit; es wird sogar angeführt, dass das Edgar Thomson-Werk, welches für solche Walzwerksanlagen typisch und daher auch als Beispiel für die Einrichtung hier gewählt worden ist, 725 Tons oder 2650 Schienen von 9 m Länge (30 Kilo pro Meter) täglich fertig gebracht hat und in einer Woche 4170 Tons, in einem Monat 16,000 Tons fabricirt hat. Ein anderes Werk, die Pensylvania Steel Comp. zu Harrisburg, walzte in 24 Stunden 2952 Stück Schienen im Gesammtgewicht von 700 Tons.

Ueber den Betrieb selbst kann Folgendes mitgetheilt werden. Die Blöcke, mit Locomotiven aus der Bessemerhütte herangeschafft, werden mit hydraulischen Hebewerken in die Siemensöfen, mit Naturgas geheizt, im Uebrigen von der gewöhnlichen Construktion eingesetzt. Von dort werden sie der Trioblockwalze zugeführt und nach dem Auswalzen auf 180 mm im Quadrat durch eine Blockscheere (s. Fig. 149) in Stücke zerschnitten, welche dem Gewicht nach der einzelnen Schiene entsprechen.

Etwaige Fehler beseitigt man durch Aushauen unter dem Dampfhammer (2,5 Tons Fallgewicht), wärmt die Blöcke weiter und gelangt mit denselben nunmehr zur Triofertigwalze, an welche sich die Ajustage anschliesst.

§ 841. Die neue Schienenwalze, von R. W. Hunt, Troy und Jones ausgeführt und denselben für Amerika auch patentirt, besteht aus drei Triogerüsten, von denen die Vorwalze (Grundrissfigur oben) auf beiden Seiten mit Hebetischen versehen ist.

Die Walzen von 900 mm Durchmesser und 2,250 m Ballenlänge sind fest gelagert und haben zwölf offene Trapezkaliber mit einer durchschnittlichen Höhenabnahme (Druck) von 30 mm, wobei zu beachten bleibt, dass nach jedem Durchgang der Block um 90^0 gedreht wird.

Die Rollentische vor und hinter den Walzen bestehen aus je einem schmiedeeisernen Rahmen, welcher auf Schubstangen ruht, die, wie auf Taf. XXXVI dargestellt worden ist, mit Kreuzhebeln, Gegengewichten und Zugstangen bereits von einem seitlich befindlichen Motor gehoben und gesenkt werden können. Die untereinander mit Stirnrädern verbundenen Rollen werden durch eine doppelte Uebertragung in Bewegung gesetzt, welche von zwei langen, vor und hinter den Walzengerüsten hindurchgeführten Wellen ausgeht, die am Ende der Strasse von den Walzen selbst mittelst eines Wechselgetriebes in Drehung gebracht sind und in entgegengesetzter Richtung laufen.

Durch Rillenscheiben, von denen eine auf einer Rollenaxe des Tisches, die andere auf den gedachten Wellen sitzt, erfolgt der Eingriff und zwar für die untere Lage des Tisches vor den Walzen, für die obere Lage aber hinter denselben. Umgekehrt löst sich die Bewegung des vorderen Tisches in der oberen Stellung, die des hinteren Tisches in der unteren Stellung aus und die Rollen drehen sich dann lediglich unter dem Einfluss des austretenden Walzstückes.

Nur zwei am Ständer selbst gelagerte Rollen werden von den Triebwellen aus an der Maschinenseite des Blockgerüstes durch Riemenübertragung bewegt, um den Weg des Blockes bis auf den Rollentisch zu erleichtern.

Zur Erleichterung der Seitenverschiebung der Blöcke sind feste Führungen aus gebogenem Flacheisen angebracht, welche sich aus der Fig. 142 (linkes Ständerpaar) genau erkennen lassen.

Zur Ueberführung des Blockes vom letzten Stich der Vorwalze nach dem ersten Stich der Fertigwalze ist eine Gleitschiene vorhanden, welche durch eine Hebelcombination mit dem Rollentisch verbunden und bewegt wird.

Der Block nimmt durch die Wucht des Falles und in Folge des Anstosses an eine zweite Führungsstange, welche im Grundriss erkennbar ist und gegenüber dem ersten Zwischenring über die beiden ersten Rollen des vorderen Tisches hinweggeht, die äusserste Stellung an, die zum Eintritt in das erste Kaliber der Fertigwalze, ein Stauchkaliber, erforderlich ist.

Eine ähnliche, in Fig. 142 erkennbare steile Führung lässt das Stück aus dem zweiten Stich nach dem dritten herübergleiten. Von da ab scheint keine Führung mehr möglich zu sein, da einer solchen auch wohl die wachsende Stablänge im Wege sein dürfte.

Dieses Mittelgerüst hat festliegende Walzentische mit in gewissen Zwischenräumen angeordneten Rollen, die ebenfalls durch Umsetzungen von den schon erwähnten durchgehenden Betriebswellen aus bewegt werden.

Vom letzten Stich des Mittelgerüstes nach dem ersten Stich des dritten Gerüstes wird das Walzstück durch einen Schlitten geführt, der auf einer doppelten Gleitschiene läuft, welche im Grundriss Fig. 143 ganz rechts leicht erkennbar ist, da zwischen den Gleitschienen ein um zwei Rollen gehendes Seil läuft, das den Schlitten von zwei Seiten her fasst. (In der Zeichnung steht der Schlitten ganz am Anfang der zweiten Vorwalze, d. h. dem Stauchkaliber gegenüber.) Auch diese Schlittenbewegung wird von den schon genannten Betriebswellen aus durch Rillenscheiben und Getriebe vermittelt.

Der hintere Tisch des dritten Gerüstes hat drei lose Rollen und vier mit Winkelrädern bewegte, deren Axe von einem Riemen bewegt wird. Ausserdem erkennt man zwei andere durch Riemen von der durchgehenden Triebwelle aus bewegte kleine Rollenaxen mit Rand, welche den auf dem Schlitten herangebrachten Stab aufhalten und weiterführen.

Die Einführung in die Oberwalze geschieht mit Handhebeln, während die Rückführung durch den Vordertisch mit gesteuerten Rollen geschieht, ebenso wie der Weitertransport nach den Sägen durch die vorerwähnten vier Rollen des Hintertisches erfolgt.

Die Rollenbewegung des Vordertisches geschieht durch Rillenscheiben und Konusgetriebe von der durchgehenden Welle aus.

§ 842. Bei der Darstellung der groben und schweren Eisensorten kommt auch das Princip des Vor- und Rückwärtswalzens oder des Reversirens vielfach zur Anwendung, um das Trio zu ersetzen. Die Frage, welches Arbeitssystem das bessere und vortheilhaftere, ist viel discutirt worden.

Die ältesten Einrichtungen dieser Art bestanden wesentlich in der Anwendung einer Reversirkuppelung bei gleichmässig fortschreitender Walzwerks- und Schwungradbewegung.

Derartige Kuppelungen findet man in einem Reisebericht von Ulrich, Wiebmer und Dressler, Preussische Zeitschrift XIV, S. 337, wohl zuerst ausführlicher mitgetheilt. Die eine von Thornaby Iron Works überträgt abwechselnd die Maschinenbewegung durch zwei und durch drei ineinandergreifende Getriebe, während eine andere von Rhymney Iron Works bei Newport sich einer Combination konischer Wechselgetriebe bedient und die Bewegung das eine Mal direkt, das andere Mal durch die Getriebe überträgt.

Specielle Beschreibungen ähnlicher, aber vorzugsweise für Panzerplatten construirter Einrichtungen finden sich im Engineering 1867, S. 1, und danach Dingler's Journal, Bd. 185, S. 268; ferner im Ausstellungsbericht des österreichischen Comité's von Paris 1867, 47. Klasse, 9. Heft, S. 166 (v. Rittinger). Das Princip ist wesentlich dasselbe, wie vorstehend angegeben.

In den Jahren 1870—1873 griff die Neuerung des Vor- und Rückwärtswalzens immer mehr um sich und es wurden zuerst im Journal of the Iron and Steel Institute 1871 einige neuere Reversirkuppelungen beschrieben, welche B. Walker, Kitson und Chalas in Leeds u. A. construirt haben. (Oesterreichische Zeitschrift 1872, S. 49, und Dingler's Journal 192, S. 269.) Sehr namhafte englische Praktiker erklärten sich damals für die Einführung dieser Hilfsvorrichtungen.

Etwas später trat Napier mit einer Differentialfriktionskuppelung als Reversirwerkzeug auf (Engineering 1872, S. 384). Eine andere Einrichtung brachten Stevenson, Head, Reichenbach u. A., welche sich beschrieben und mit den vorhergenannten Mechanismen verglichen findet in Kerpely's Jahresberichten 1871—1873, S. 525 u. ff., worauf hier verwiesen werden muss.

Neben diesen Bestrebungen wurde namentlich durch Holley die Einrichtung und Verbesserung der Triowalzwerke angestrebt, wogegen die Engländer, namentlich Menelaus, Snelus und Williams, sich gegen die Anwendung der Trios aussprachen.

Gegenüber dem Reversirwalzwerk wurde dem Triowalzwerk der Vortheil zugeschrieben, das Walzstück stets in gleicher Lage zu lassen und dadurch die Arbeitsleistung zu vermehren, die Anstrengung der Walzen aber zu vermeiden. Auch sei das Reversirwalzwerk kostspieliger in Bau und Unterhaltung, arbeite etwas langsamer und sei weit weniger ökonomisch in Bezug auf Dampfverbrauch. (Transactions of the American Institute of Mining Engineers, Vol. I, p. 287 [A. Holley].)

§ 843. Als eine gut construirte Reversirmaschine mit Bewegungsumkehrung und ohne Schwungrad ist die auf Taf. XXXVIII wiedergegebene Einrichtung der Bowling Iron Works bezeichnet worden

(Engineering von Stummer 1874, S. 213). Sie ist von der Gesellschaft nach dem System von Ramsbottom und nach der Construktion von Jos. Willcock ausgeführt. Sie liegt auf einer starken gusseisernen, umgekehrt U förmigen Platte, die aus vier Stücken besteht und mit halbcylindrischen Ansätzen versehen ist, auf welchen die Cylinder angeschraubt sind. Die letzteren werden ausserdem noch durch gusseiserne Träger unterstützt, welche mit den Hinterenden an dem Fundamentmauerwerk sitzen.

Die Ventile sind, wie aus dem Grundriss ersichtlich, Kolbenventile, so dass man die Maschine auch bei vollem Dampfdruck (4 Atmosphären) leicht reversiren kann (wenn erforderlich 50 mal pro Minute!) Diese Ventile werden von einer Allan'schen Coulissensteuerung geführt und das Umschalten geschieht mittelst eines in der Mitte der Anordnung liegenden kleinen Dampfcylinders, dessen Bewegung wiederum durch einen an der Kolbenstange befestigten Kataraktkolben geregelt wird. Die Maschine wird durch Hebel gehandhabt, die in der Hütte gegenüber dem Walzengerüst liegen.

Aus den Verhältnissen der Maschine ist leicht ersichtlich, dass dieselbe dreimal soviel Touren macht als die Walzen, deren normale Tourenzahl auf 28 angegeben wird.

Der Umstand, dass es sich im vorliegenden Fall um die Bewegung von Blechwalzen handelt, ist ohne Einfluss auf die Frage der Reversirmaschine. Dieselbe wird jedenfalls noch weit geeigneter sein, grobes Stabprodukt etc. herzustellen, weil der hierbei zur Anwendung kommende Druck ein weit geringerer ist als bei Blechen. (Vgl. unter Anderem die Untersuchungen von Rupert Böck über den Kraftaufwand beim Walzen von Blech in dem Jahrbuch der Bergakademieen Leoben etc. 1873 und danach in Kerpely's Berichten 1874, S. 288.)

§ 844. Weitere Verbesserungen und Neuerungen auf dem Gebiete der Grobeisenwalzwerke sind folgende:

Thomas führte eine andere Kaliberdisposition bei belgischen Schienentrios ein, welche unter Anderem Tunner in der Zeitschrift des steyrischen und kärnthnerischen Berg- und Hüttenmännischen Vereins (1878, S. 216) besprach und welche auch sonst noch Wiedergabe gefunden (vgl. S. 751).

Die erreichte Verbesserung besteht hauptsächlich darin, dass, ähnlich wie bei den amerikanischen Triosystemen, die todten Kaliber vermieden werden. Nur die Mittelwalze ist ihrer ganzen Länge nach kalibrirt und zwar so, dass die eine halbe Länge mit den Rippen (Patrizen), die andere mit den Nuthen (Matrizen) versehen ist.

Die Oberwalze wie die Unterwalze dagegen sind nur in der ungefähren halben Länge mit Kalibern versehen, während die andere Hälfte ohne Kaliber und nach dem Zapfen hin konisch verlaufend gegossen ist.

Bei dieser Anordnung liegen die in gleicher Durchgangsrichtung arbeitenden Kaliber unmittelbar nebeneinander und die Arbeit springt vom ersten Kaliber zwischen Mittel- und Unterwalze zum ersten zwischen Mittel- und Oberwalze, dann zum zweiten der unteren Reihe etc. über. Die Unterwalze soll hohl gegossen werden können (?!).

Die Einrichtung erleichtert angeblich das Auswalzen aller Sorten Profileisen in Längen bis zu 25 m in einer Hitze und es hat sich eine Ersparniss von 40—10 $^0/_{00}$ im Walzengewicht und von mindestens 10 $^0/_{00}$ im Arbeitslohn (für Ab- und Nachdrehen) herausgestellt.

Die weiter hervorgehobenen Vortheile sind nicht recht einleuchtend, da das amerikanische Trio wie auch viele andere ebenso arbeitet und da gewiss die Kaliberzahl nicht von der Anordnung der Kaliber auf den Walzen abhängt, sondern von der zu leistenden Umformungs- und Streckarbeit. Wenn man allerdings schlechte ältere Trios mit unnöthig dicken Zwischenringen zum Vergleich heranzieht, müssen die Thomas'schen Trios ungewöhnlich vortheilhaft erscheinen.

Andreas Kloman in Pittsburg hat eine Friktionskuppelung für Umkehrwalzwerke construirt, welche da anzubringen ist, wo reversirt werden soll, ohne dass die Maschine hierzu in Mitleidenschaft gezogen werden könnte.

Die Vorrichtung besteht, wie die meisten ähnlichen, aus fünf Stirnrädern, von denen zwei lose auf der Walzenwelle laufen. Mit einem derselben steht das auf der Dampfmaschinenwelle aufgesteckte Zahnrad in direkter Verbindung, mit dem anderen dagegen durch eine Vorgelegeübersetzung mittelst zwei auf einer Nebenwelle sitzenden Stirnrädern. Den beiden auf der Walzenaxe lose sitzenden Getrieben ist ein Friktionsring mit Rillen auf der Innenseite angegossen, in welche Rillen oder Nuthen sich drei ebenso abgedrehte Ringsegmente eindrücken lassen, welche radial verschiebbar auf einer auf der Walzenwelle fest aufgekeilten Rosette sitzen und durch Schrauben mit Rechts- und Linksgewinden bewegt werden können. Die Bewegung erfolgt mittelst kurzer Kurbeln, die von einer auf der Walzenwelle der Länge nach verschiebbaren, doch sich mit derselben drehenden Muffe geschoben werden. Die Muffe selbst wird mittelst eines gegabelten Hebels von einer Dampfmaschine aus bewegt, und je nach Stellung läuft das eine oder das andere der Stirngetriebe auf der Walzenaxe lose, während das zweite von den Ringsegmenten mitgenommen wird. (Metallurgical Review 1878, I, S. 205; Dingler 1878, Bd. 229, S. 317.)

Auch Kitson und Chalas in Leeds (s. oben) verbesserten später ihre hydraulische Ausrückvorrichtung, indem sie die früher angewandten vier Kolben durch einen ringförmigen Kupferkolben ersetzten, welcher abwechselnd, nach rechts oder nach links gedrückt, das eine oder das andere der lose auf der Walzenwelle sitzenden Getriebe mitnimmt und seine Bewegungsrichtung auf die Walzenaxe überträgt.

Das Druckwasser mit 42 Kilo pro Quadratcentimeter Druck wird durch die Axe hindurch mittelst kupferner Röhren nach den beiden Seiten des Kolbens geleitet; die Steuerung ist ausserhalb beliebig angebracht. (Compses rendres de la Société de l'industrie minérale 1877, Mars; Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1878, S. 353.)

In späterer Zeit hat Stevenson eine grosse, mit Reversirkuppelung ausgerüstete Walzenzugmaschine construirt, welche einen durchaus gleichmässigen Gang haben sollte.

Bei dieser Betriebsvorrichtung, welche für die Woodside Steel and Iron Company zu Coatbridge bestimmt war, greifen drei gleichgrosse Dampfmaschinen, auf hohem Pyramidengerüst montirt, zwei Wellen in einer äusserst sinnreichen Weise an.

Beide Wellen liegen, die eine in der Fortsetzung der anderen, so, dass ihre Axenlinie eine gemeinsame ist, in gleicher Höhe und haben je zwei Kurbeln an ihren Enden.

Die erste Maschine dreht die äusserste Kurbel der einen Welle, die dritte Maschine in entgegengesetzter Richtung die äusserste Kurbel der anderen Welle, während die in der Mitte stehende Maschine zwei Lenkerstangen hat und damit die beiden inneren Kurbeln beider Wellen, aber im entgegengesetzten Sinn, dreht.

Zwischen den Kurbeln sitzen auf jeder Welle Winkelgetriebe mit doppelten Kämmen, welche jederseits wieder in ähnliche Getriebe von grösserem Durchmesser eingreifen. Diese Getriebe sitzen lose auf den Walzwerksaxen, von denen die eine nach der einen, die andere nach der entgegengesetzten Richtung durch Klauenkuppelungen sich an je eine Strasse anschliessen.

Die einander zugekehrten Radseiten sind am Kranz konisch ausgedreht und nehmen die Kegelfläche der Friktionskuppelungen wechselseitig auf. Diese Friktionskuppelungen sind auf der Welle, mit der sie sich drehen, durch eine hydraulische Vorrichtung verschiebbar und werden bald in das eine (rechts sich drehende), bald in das andere (links sich drehende) Getriebe angedrückt, so dass jede Walzwerkswelle ihre Bewegung ändert.

Beide Walzwerkswellen können auf diese Weise unabhängig voneinander gesteuert werden; es werden dabei aber unzweifelhaft sehr ungleiche Beanspruchungen während des Walzens entstehen und die von Stevenson seiner Einrichtung nachgerühmte, angeblich gleichbleibende Geschwindigkeit wird sich ohne entsprechende Steuerung der Maschinen kaum erzielen lassen. (Engineer 1886, No. 1598; Stahl und Eisen 1886, S. 716; Oesterreichische Zeitschrift 1887, S. 265.)

§ 845. Als Resultat umfänglicher Untersuchungen veröffentlichte J. Kraft, Oberingenieur von Seraing, Mittheilungen über den Dampfverbrauch der Reversirmaschinen. Hiernach findet bei dem Anlassen einer Reversirmaschine stets ein Dampfverbrauch ohne Arbeit statt. Ist die Kurbel der einen Maschine noch nicht auf dem todten Punkt angekommen, so entsteht ein wesentlicher Unterschied, je nachdem der Schieber schon abgesperrt hat oder nicht, wenn umgesteuert und Dampf gegeben wird. Im zweiten Fall füllt sich der Cylinder noch mit Dampf, der gleich auspufft, während im ersten Fall diese überflüssige Füllung erspart wird.

Da die andere Kurbel in der Mittellage steht, so braucht man zur Füllung beider Cylinder von dem Volum V entweder 1,5 V oder nur 0,5, im Mittel also V.

Eine weitere Betrachtung ergibt, dass bei drei Cylindern ungefähr dasselbe wie bei zwei Cylindern herauskommt.

Aus einem unter gewissen Voraussetzungen für das Längen eines Walzstückes bis zum Verlassen des Walzwerkes, ferner für die Anzahl der Durchgänge, den Walzenumfang, die Uebersetzungszahlen des Räderwerkes gewonnenen Ausdruck: $T = \frac{2\,r}{c}\,[L\,(m+1)\;l\,(m-1)]$, für die theoretische Tourenzahl der Walzen vom Beginn bis zum Ende der Arbeit, wobei l die anfängliche, L die endliche Länge des Walzstückes, m die Zahl der Durchgänge, c der (durchschnittliche) Walzenumfang, r das Verhältniss der Maschinentouren zu den Walzentouren, hervorgegangen aus der Räderübersetzung, bedeuten, leitet Kraft nachstehende Werthe ab.

Da auf eine Maschinentour vier Cylinderfüllungen kommen, so kommen auf T Walzentouren $4\,r\,T$ Cylinderfüllungen. Für die Verhältnisse des grossen Schienenreversirwerkes in Seraing, die genau angegeben und in der Quelle nachzusehen sind, erhält Kraft 64,7 Füllungen für jeden durch die Vorwalzen gegangenen Block, wozu bei 11 Durchgängen $11 \times 1{,}5$ oder 16,5 Füllungen für das Anlassen kommen, im Ganzen 81,2 Füllungen à ca. 1,05 Kilo oder 85,3 Kilo Dampf von vier Atmosphären.

Die Arbeit in den Fertigwalzen, wo die Maschine ohne Vorgelege angreift, verlangt bei 13 Durchgängen 339,5 Füllungen, also 539,2 Kilo Dampf, so dass die ganze Walzarbeit einer Schiene von 19,6 m Länge (zwei Einzelschienen) 624,5 Kilo Dampf absorbirt.

Bei einer Produktion von 200 Doppelschienen in 10 Stunden braucht man mithin 124,900 Kilo Speisewasser oder stündlich 12,490 Kilo, wozu $\frac{12,490}{18}$ oder 694 qm Heizfläche als nöthig erachtet werden.

Da die Kessel grossen Wasserraum und grossen Dampfraum besitzen müssen, können sie nur aus einem Hauptkessel von 1,6 m Durchmesser und 16 m Länge und einem Vorwärmrohr von 1,1 m Durchmesser und 14,16 m Länge, zusammen mit 100 qm Heizfläche, bestehen. Es wären mithin sieben Kessel und einer als Reserve, zusammen acht Kessel, erforderlich.

Da in der von J. Kraft aufgestellten Berechnung auf die Dampfverluste durch Condensation an den Cylinderwänden gar keine Rücksicht genommen ist, so entsteht die Annahme, dass, diese Verluste ganz gering auf 30/$_{00}$ geschätzt, die Kessel anstatt 18 Kilo nahezu 24 Kilo pro Stunde verdampfen müssten, mithin ziemlich angestrengt zu arbeiten hätten.

Weiter kann aber angenommen werden, dass der Zuschlag auf den Dampfverbrauch sich durch die ebenfalls nicht berücksichtigten Stillstände der Maschine ausgleicht.

Nimmt man die erste Maschine rund mit 600, die andere mit 800 Pferdekräften an, so sind durchschnittlich 700 und mit Rücksicht auf die Stillstände vielleicht nur 600 Pferdekräfte effektiv ununterbrochen im Betrieb, für die die früher berechnete Wassermenge genügt. Bei 700 qm benutzter Heizfläche entfallen alsdann 1,17 qm auf die Pferdestärke.

An der in der Rechnung Kraft's gemachten Annahme, dass die Verlängerung bei jedem Durchgang dieselbe ist, können ebenfalls Zweifel erhoben werden. Die Rechnungen ergeben in den Vorwalzen durchschnittlich 0,14 für je 11 Durchgänge, in den Entwickelungswalzen 0,60 für je 6 Durchgänge, in den Vollendwalzen 1,90 für je 7 Durchgänge.

Danach berechnet sich

die Tourenzahl der ersten Maschine auf 57,0 statt 64,6,
„ „ „ zweiten „ „ 247,7 „ 320,0,

also geringer, so dass der Dampfverbrauch auch geringer, d. h. 501,7 anstatt 624,5 Kilo, ausfällt und dass mit Zurechnung der Verluste die alte Zahl ungefähr herauskommt. (Gustav Schmidt.)

Kraft bemerkt noch, dass das Schwungrad der zweiten Maschine 45 Tons wiegt und 75 Touren macht. Die Zapfendurchmesser sind im Mittel 0,30 m, so dass mit einem Reibungscoefficienten $\varphi = 0,1$ die Reibungsverluste auf 70 Pferdekräfte sich belaufen. (Revue universelle 1879, Vol. VI, pag. 151; Dingler's Journal 1880, Bd. III, S. 173.)

§ 846. Bezüglich der Reversirmaschinen ist noch auf die von Otto H. Müller construirte und für Neuberg ausgeführte Verbundreversirmaschine hinzuweisen.

Die Maschine ist mit paarweise vertheilten Cylindern ausgerüstet, von denen die Hochdruckcylinder über den Niederdruckcylindern stehen.

Die Abmessungen sind nachstehende:

Durchmesser der Hochdruckcylinder	540 mm,
„ „ Niederdruckcylinder . . .	790 „
Hub	1054 „

Die Luftpumpe ist stehend, einfach wirkend und stellt schon nach wenig Hüben ein gutes Vacuum her. Der Condensator, in welchem die Luftpumpe hängt, wird durch eine Cisterne vollständig von Wasser umgeben, so dass Luft nirgends eindringen kann.

Die Maschine arbeitet in beiden Cylindern mit 0,87 Absperrung und ist die Dampfersparniss gegen die früher verwendete Zwillingsreversirmaschine gewöhnlicher Bauart so bedeutend, dass man eine Separatfeuerung (?) vollkommen erspart und das Walzen viel schneller, das Reversiren aber auch bedeutend leichter von statten geht. (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1888, S. 29.)

Ein Stabeisenwalzwerk, das die Stelle eines Reversirwalzwerkes zu vertreten bestimmt ist, hat Peter Kirk in Workington (Cumberland) angegeben.

Der Antrieb geschieht durch eine hinreichend lange Zahnstange, um ein darauf eingreifendes Getriebe so oft zu drehen, als die Walzen bei einem Durchgang sich drehen müssen. Diese Zahnstange sitzt an der Kolbenstange einer Dampfmaschine mit sehr langem Cylinder und geht unter der unteren Krauselwalze der Strasse durch, auf der Rückseite ähnlich geführt wie die Zahnstangen der Converterwendevorrichtungen.

Eine Zubringevorrichtung, bestehend in einem Wagen, steht in automatischer Verbindung mit der Walzenaxe. Urtheile über die Leistungsfähigkeit sind nicht bekannt. (D. R.-P. No. 39,054; Stahl und Eisen 1887, S. 509.)

Ein Doppelzwillingswalzwerk für Façon- und Feineisen hat sich L. Glaser in Berlin patentiren lassen (D. R.-P. No. 38,071).

Beide Walzenpaare liegen in einem Ständer und in einer Verticalebene und arbeiten unabhängig voneinander, so dass sie die Stelle eines Triowalzwerkes vertreten können. Die Zapfen der untersten und der dritten Walze haben feste Lager, während die zweite und die vierte Walze mittelst Keil und Schraube vertical verstellbar sind.

Nach F. Moro (Stahl und Eisen 1889, S. 3) und R. M. Daelen (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1889, S. 147) sind folgende Vorzüge und Nachtheile bei Maschinen ohne oder mit Umkehr der Bewegung, also zwischen Schwungrad- und Reversirmaschinen, zu merken.

Die Schwungradmaschine erhält nach Moro kleinere Dimensionen, ist in der Anschaffung billiger, ermöglicht eine bessere Steuerung, also, auf die Umdrehung der Maschine gerechnet, Dampfersparung. Dagegen ist die damit zu verbindende Triowalzenstrasse theurer, ist complicirter durch die vielen Lager, die Reibung verursachen und das Einstellen erschweren.

Demnächst ist auch die Arbeit durch das Aufheben der Walzstücke erschwert, da die bekannten mechanischen Vorrichtungen hierzu mehr oder minder complicirt und unbequem erscheinen.

Dies steigert sich mit zunehmender Länge der Walzstücke und wird z. B. bei vierfacher Länge geradezu zu einem Hinderniss der Arbeit.

Daher sprechen hier viele Gründe für die Reversirmaschine, selbst unter Berücksichtigung des anscheinend höheren Dampfverbrauchs der letzteren.

Die Reversirmaschine besitzt bei guter Steuerung keinen nennenswerthen Leerlauf und ist nach Moro weiter die beim Anheben der Maschine anscheinend nutzlos aufgewandte Dampfmenge für den Gesammtverbrauch von nur geringem Einfluss, weil man beim Anheben, um jedes Schlagen in den Kuppelungsmuffen zu vermeiden, den Dampf stark drosselt.

Der Ruf des hohen Dampfverbrauchs an Reversirmaschinen rührt, wie Indicatorversuche bestätigt haben sollen, wesentlich von Unrichtigkeiten in der Ausführung her, indem für hohe Kolbengeschwindigkeiten viel zu enge Dampfkanäle vorhanden seien, in Folge dessen eine starke Dampfdrosselung bei Geschwindigkeiten von weit über 100 m und Gegendrucke bis zu mehreren Atmosphären erfolgt seien, woraus sich allein schon ein mehr als doppelter Dampfverbrauch gegenüber dem theoretischen herausstelle.

Untersuchungen haben ergeben, dass bei Zweicylindermaschinen schon $^6/_{10}$ Füllung ein genügend sicheres Erfassen der Stahlblöcke bei jeder Kurbelstellung ermöglichen, und dass das Maximum in allen Fällen bei $^7/_{10}$ stehen bleiben muss.

Demgegenüber ist hervorzuheben, dass bei Triomaschinen ein grosser Dampfverlust durch die bedeutende Arbeit in den An- und Leerläufen, ferner durch die vermehrte Arbeit der Schwungrad- und Walzenbewegung hervorgerufen werde, wobei noch die vielen Lager als Bremsen wirkten.

Ist es weiter auch möglich, bei Schwungradmaschinen eine hohe Expansion zu verwenden und die Normalleistung auf $^1/_3$ bis $^1/_4$ Füllung zu bemessen, so hat man doch bei den hochexpandirenden Schwungradmaschinen mit dem übermässig hohen Anfangsdruck, den riesigen Cylinderabmessungen und der Schwierigkeit, das Triebwerk für diese hohen Drucke im Stand zu halten, bedenkliche Erfahrungen gemacht.

Was schliesslich die bei Reversirmaschinen beobachteten Triebwerksbrüche anlangt, so ergaben sich als Ursachen derselben schlechte Ausführung und vor allen Dingen schlechte Dimensionirung gegenüber den Beanspruchungen durch die Massenwirkung. Mit diesen Massendrucken, welche durch die wenn auch nur zeitweilig, doch wiederholt auftretenden hohen Geschwindigkeiten hervorgerufen werden, ist jedenfalls zu rechnen, wenn die Beanspruchungen des Triebwerkes und danach die Abmessungen desselben ermittelt werden sollen.

Das Maximum der Geschwindigkeiten charakterisirt Moro dabei durch die Angabe, dass zeitweilig 200—300 Touren pro Minute eintreten dürften.

In der Folge seiner Mittheilungen beschreibt Moro noch die Einrichtung und den Betrieb der auf zwei Tafeln dargestellten Reversirmaschine.

§ 847. Die Bemerkungen von R. M. Daelen (an der oben angeführten Stelle) laufen auf Aehnliches hinaus.

Bei zweicylindrigen Umsteuermaschinen hat der Betrieb ergeben, dass der Dampfverbrauch ein grösserer ist, sobald die Dimensionen der Maschinen knapper bemessen sind; daher wird auch in den zum Betrieb der Blockwalzen verwendeten Maschinen dieses Systems eine fortwährende Steigerung der Abmessungen beobachtet.

Die Ursache der Steigerung des Dampfverbrauchs bei verminderten Abmessungen erklärt sich durch den Vergleich der Arbeit in der Umsteuermaschine mit derjenigen in der Schwungradmaschine.

Die lebendige Kraft des Schwungrades ermöglicht die Beibehaltung der zum Walzen erforderlichen Geschwindigkeit trotz der plötzlichen grossen Kraftentnahme beim Einstecken des Walzstückes und die weitere zum Durchziehen des Walzgutes erforderliche Kraft kann durch eine die Expansion

des Dampfes voll ausnutzende Maschine von genügend grossem nutzbaren Cylinderinhalt ohne Schwierigkeit geliefert werden.

Die gleiche Minderung in der Geschwindigkeit im Augenblick des Angriffes der Walzen kann daher bei fehlendem Schwungrad, also bei jeder Umsteuermaschine, nur durch einen entsprechenden Ueberdruck auf den Dampfkolben geleistet werden.

Je grösser nun der Dampfkolben ist, um so eher wird das Maximum der möglichen Leistung und damit der Beginn der Arbeit mit Expansion erreicht; der Ueberdruck bedingt nämlich eine Beschleunigung der Geschwindigkeit, welche aufhört, sobald die grösste Eintrittsgeschwindigkeit des Dampfes erreicht ist, d. h. eben das vorgedachte Maximum.

Die Expansion erfolgt naturgemäss nicht in der Weise wie bei der Absperrung einer Präcisionssteuerung, aber die Thatsache, dass eine Reversirmaschine, d. h. eine Zwillingsmaschine ohne Schwungrad, bei sehr reichlich bemessenem Cylinderinhalt und grosser Kolbenfläche weniger Dampf verbraucht als eine andere mit geringeren Abmessungen, beweist die Richtigkeit obiger Voraussetzung.

Ein zweiter Umstand: dass nämlich das Verbundsystem hinsichtlich des Dampfverbrauchs keine günstigen Erfolge für den schwungradlosen Betrieb ergibt, ist ebenfalls erklärlich.

Die kleinen Flächen der Hochdruckcylinder eignen sich nicht zur Erzeugung eines grossen Ueberdruckes und eine nur geringe Vergrösserung ruft bereits Expansion hervor; auch kann bei kleinen Walzlängen der im Zwischenbehälter angesammelte Dampf nicht ausgenutzt werden.

Weiter entstehen in Folge der Kolbengeschwindigkeit der Umsteuermaschine, die bis zum doppelten Werth der bei den stetig umlaufenden Maschinen vorkommenden anwächst, nothwendig so gewaltige Abmessungen für die Zu- und Ausgänge der Niederdruckcylinder, dass ein grosser Theil des Zwischendampfes in den schädlichen Räumen verloren geht.

Ganz dieselben Ansichten sprach R. M. Daelen in einer früher (Stahl und Eisen 1888, S. 180) erschienenen Beschreibung einer Einkurbel-Umsteuerungsmaschine auf der Gutehoffnungshütte, Oberhausen II, aus.

Es scheint, als ob die Schwierigkeit der gleichmässigen Aufstellung von vier Lagern (bei der gewöhnlichen Zwillings-Umsteuerungsmaschine) dazu geführt hat, dem Einkurbelsystem den Vorzug zu geben.

Die Maschine betreibt durch Zahnradübersetzung eine Blockwalze von 1000 mm und eine Knüppel- und Platinenwalze von 700 mm Durchmesser. Die Kolben haben 1250 mm Durchmesser und 1250 mm Hub und greifen mit ihren Lenkerstangen nebeneinander den zwischen zwei Scheiben befindlichen Kurbelzapfen an und die Dampfspannung beträgt sechs Atmosphären. Die Betriebsergebnisse lassen auf eine richtige Lösung der Aufgabe schliessen.

§ 848. Noch ist auf eine Umsteuerungs-Zwillingsmaschine von Edw. Allis & Co. auf den Reliance Works zu Milwaukie (Wisconsin, Amerika) hinzuweisen. (Iron 1888, Vol. 31, S. 521 u. 526, und Kerpely-Kossmann 1888, Bd. 25, S. 233.)

Die Maschine bietet nichts Bemerkenswerthes, als dass das Umsteuerventil so angeordnet ist, dass die Maschine vollständig unter die Controle eines einzigen Hebels gestellt ist. Eine andere Maschine desselben Erbauers ist in Iron, Vol. 32, S. 58, beschrieben.

Eine sehr grosse Umsteuerungs-Zwillingsmaschine ist zum Betrieb eines Panzerplattenwalzwerkes bei Friedrich Krupp in Essen von der Märkischen Maschinenbauanstalt, vormals Kamp & Co. in Wetter, erbaut und in Stahl und Eisen 1890, S. 509, beschrieben worden (Verf. Alfred Trappen).

Die Abmessungen sind ähnliche wie bei der Einkurbelmaschine, denn die Dampfcylinder haben 1300 mm Durchmesser und 1250 mm Hub bei fünf Atmosphären effektivem Dampfdruck. Die Uebertragung der Kraft auf die Betriebswelle des Walzwerkes geschieht im Verhältniss von 1 zu $2^1/_2$ auf zwei Stirnrädern mit Winkelzähnen.

Die Maschine macht mit Leichtigkeit 120 Umdrehungen per Minute, wonach das Walzwerk 48 verrichtet, eine Geschwindigkeit, welche nur bei schrägen und langen Platten zur Anwendung kommen dürfte, während bei grossen Blöcken und geringer Geschwindigkeit der nutzbare Druck in den Cylindern dem Dampfdruck in den Kesseln wohl gleichkommen dürfte.

Die Steuerung geschieht mittelst Kolbenschieber und gerader Coulisse und die Verstellung der letzteren mit Dampfcylinder mit Gegencatarakt.

Den Coulissen ist die grösste Sorgfalt gewidmet und die Aufhängung so bewerkstelligt, dass stets ein möglichst ruhiger Gang und möglichste Genauigkeit erzielt werden.

Dabei ist die Maschine, besonders in den Rahmstücken derselben, ganz besonders stark construirt. Zu allen die Kraft übertragenden Theilen, Kolbenstangen, Zugstangen, Kreuzköpfen, Zapfen und Wellen sind die besten Materialien aus den Werkstätten von Friedrich Krupp verwendet worden. Ebenso ist das kleine Stirnrad und der Kranz des grossen aus bestem Stahl gegossen, das Armkreuz des letzteren dagegen aus Gusseisen.

§ 849. Allgemeine Notizen über amerikanische Block- und Grobeisenwalzwerke gibt das Referat von Spannagel (Stahl und Eisen 1891, S. 28), aus welchem besonders die Betriebsumfänge derartiger Anlagen erkennbar sind.

Auch in dem Referat von E. Klein (Stahl und Eisen 1891, S. 98) finden sich verschiedene, auf die Einrichtung der hier berührten Walzwerke bezügliche Notizen, mit deren Erwähnung die Besprechung der Trio- und der Umkehrwalzwerke geschlossen werden mag, um als Abschluss des Kapitels noch einzelner mehr allgemeiner Einrichtungen und Versuchsergebnisse zu gedenken, welche für das Walzen grober Profile von Wichtigkeit sind.

Es ist nochmals hervorzuheben, dass die hier besprochenen Einrichtungen auch für Blech- und andere Walzwerke unter entsprechender Abänderung verwendet werden können, so dass damit die Besprechung der rein maschinellen Seite des Walzwerksbetriebs, soweit wie es für die Grenzen dieses Buches angängig, als abgeschlossen gelten kann.

§ 850. Von Interesse für die Besprechung des Walzwerksbetriebs für grobe Stäbe ist namentlich ein Aufsatz von Josef Kasalowsky, betreffend die Anwendung der Corlissmaschinen für Walzwerke (Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1879, S. 589).

Danach hat Geo Corliss in Providence erst, nachdem die Vortheile seiner vom Regulator aus bewirkten Expansionssteuerung bei allen stabilen Betriebsdampfmaschinen sich herausgestellt hatten, diese Steuerung einer Reihe von Versuchen an Walzwerksmaschinen unterworfen, welche vermuthlich die ersten ihrer Art gewesen sein dürften. In Folge dessen gelangten solche Maschinen in den Nashna Iron and Steel Works, St. Albans Iron and Steel Works und den Joliet Iron and Steel Works zur Anwendung und zeigten in mehrjährigem Betrieb nicht nur eine erhebliche Verminderung der Betriebskosten, sondern auch ihre Gleichwerthigkeit mit anderen Maschinen bezüglich der Construktion und Schonung aller Theile.

Man hatte bis dahin dem Dampfverbrauch der Walzwerksmaschinen und der Gleichmässigkeit ihres Ganges wenig Aufmerksamkeit gewidmet; heute weiss man, dass der geringste Gewinn an Leistung, eine günstige Verschiebung der Produktionskosten, ganz abgesehen von der Brennmaterialersparniss, handgreifliche Vorzüge sind, welche mitgenommen werden müssen.

Die grosse Empfindlichkeit der Corlisssteuerung ermöglicht einen fast durchaus gleichmässigen Gang der ja stets ungleich beanspruchten Walzwerksmaschinen. Der Regulator controlirt die Steuerung absolut, und der Maschinenwärter hat nicht nöthig, die während des Walzens auftretenden excessiven Geschwindigkeiten durch irgend welche Maassnahmen zu corrigiren.

Von competenter Seite war man erstaunt, in Amerika mächtige Maschinen ohne jegliche Beihilfe mit bis dahin unerhörten Geschwindigkeiten arbeiten zu sehen, wobei die Walzen nach einem Leergang von einigen Secunden sofort wieder mehrere Hundert Pferdestärken absorbirten.

Dadurch allein wird erst die Maximalleistung eines Walzwerkes möglich, da der hierzu unentbehrliche regelmässige Gang niemals mittelst Handvorrichtung am Dampfregulator erreicht werden kann, auch wenn ein ungewöhnlicher Grad von Gewandtheit beim Maschinenwärter vorausgesetzt wird (was, besonders unter den heutigen Verhältnissen, als unsicherer Faktor bezeichnet werden kann).

Die Brennmaterialersparniss ist einleuchtend, da die Dampfabsperrung selbstthätig erfolgt, also unter Vermeidung eines successiven Dampfabschlusses, wie bei den Maschinen alten Systems.

Corliss, als er begann, sich für Walzwerksmaschinen zu interessiren, verwarf zunächst die liegende Maschine aus verschiedenen Gründen, unter denen ausser der Platzfrage besonders die ungenügende Rotationsgeschwindigkeit hervorgehoben wird, die derselben ertheilt werden könne.

Alle von Corliss in Amerika ausgeführten Constructionen sind sehr stark gehalten und alle arbeitenden Theile solider als bei den gewöhnlichen Maschinen. Die Gleitflächen, vorwiegend mit grosser Oberflächenentwickelung, sind äusserst sorgfältig gearbeitet.

Das Maschinengestell und seine Verbindung sind sehr stabiler Natur und Bühnen wie Treppen so angebracht, dass Besichtigung und Wartung ausserordentlich erleichtert werden.

Vorrichtungen gegen das Heisslaufen sind ebenfalls vorgesehen, welche die Einwirkungen des Staubes, der in Walzwerken schwer vermieden werden kann, abschwächen sollen.

Für den Eintritt einer solchen Geschwindigkeit, dass die Sicherheit des gewaltigen Schwungrades gefährdet werden könnte, ist ein Apparat von sehr grosser Empfindlichkeit vorgesehen, durch den der Dampfzutritt sofort abgesperrt werden kann.

Die hauptsächliche Bestätigung der geschilderten Vorzüge ist durch die Bestellung einer 800 indicirte Pferdestärken leisten sollenden Schienenwalzwerksmaschine erfolgt, welche die Firma Friedrich Krupp in Essen seiner Zeit bei der belgischen Vertreterin von Corliss, der Fabrik van den Kerchove in Gent, machte.

Der Cylinder dieser Maschine hat 36 Zoll = 914 mm Durchmesser und 60 Zoll = 1524 mm Hub. Die Maschine arbeitet mit 75 — 80 Touren per Minute und erzielt dadurch 13,3 Fuss Kolbengeschwindigkeit per Secunde, welche direkt auf das Walzwerk übertragen wird. Das Schwungrad hat 50,000 Kilo Gewicht bei 7,5 m Durchmesser. Die Maschine arbeitet ohne Condensation und entwickelt bei vier Atmosphären Ueberdruck und $^1/_2$ Füllung die genannte Anzahl indicirter Pferdekräfte.

§ 851. Für die Beurtheilung der Grobeisenwalzwerke sind auch nachstehende Arbeiten von Wichtigkeit.

R. M. Daelen, E. Blass und Dr. Kollmann berichten ausführlich über die Bestimmung der Kraftleistung von Walzenzugsmaschinen und des Kraftverbrauchs beim Walzen von Eisen und Stahl (in Stahl und Eisen 1881, S. 58 u. ff.).

Es ist dies ein Commissionsbericht des Vereins deutscher Eisenhüttenleute und eröffnet neben einem anderen Bericht (Prüfungsmethoden betreffend) in sehr würdiger Weise die Arbeiten des neuen, Ende 1880 gegründeten Vereins, hervorgegangen aus dem alten Technischen Verein für Eisenhüttenwesen (Zweigverein des Vereins deutscher Ingenieure).

R. M. Daelen entwickelt das Programm der stattgehabten Untersuchungen, wie es von der Commission aufgestellt worden war und welches folgende Punkte enthielt:

1. Bestimmung der zum Auswalzen der Packete in den einzelnen Kalibern erforderlichen Arbeit durch Indicator und Velocimeter;
2. Feststellung des beim Walzen auf den Block ausgeübten Druckes mittelst eines von R. M. Daelen construirten Druckmessers (hydraulisches Manometer mit Aufzeichnungsvorrichtung);
3. Untersuchung über die Verschiebungen der einzelnen Partikel im Block während des Walzens durch Wahl einer sehr regelmässigen Packetirung und späterer Untersuchung der Lage der einzelnen Packetcomponenten mittelst Aetzung von Schnittflächen.

Dieses Programm wurde natürlich nur so weit durchgeführt, dass für eine gewisse Zahl praktischer Fälle die erforderlichen Ermittelungen stattfanden, welche nicht für alle Fälle maassgebende Zahlenwerthe ergaben, wohl aber den Untersuchungsgang so weit feststellten, dass nunmehr die Praxis denselben ohne erhebliche Schwierigkeit anwenden konnte.

Die Resultate der Commissionsversuche sind in umfänglichen Tabellen aufgezeichnet, welche hier nicht wiedergegeben werden konnten, so interessant auch die einzelnen Werthe und ihre gegenseitige Beziehung sind.

Die Anlagen der Arbeit geben auch gute Beispiele für Ständerconstruktionen und Kalibrirungen und die Verhandlungen der Generalversammlung zeigen, wie einschneidend der Eindruck der Resultate gewesen ist und wie man durch dieselben um so mehr überrascht war, als sich die Commission nicht vor die leichtesten, sondern zum Theil vor die schwersten, sich durch das Entgegenkommen der Werke gerade darbietenden Fälle gestellt sah und „den Stier bei den Hörnern gefasst hatte".

§ 852. Ein Referat der Versuchsergebnisse unternahm Prof. G. Schmidt in Prag in Dingler's Journal 243, Heft 3, sowie auch Oesterreichische Zeitschrift 1882, S. 185, während weitere Erörterungen in Stahl und Eisen 1882, S. 283, veröffentlicht wurden.

Es mag hier nur noch angeführt werden, dass die gesammte Walzarbeit W besteht: aus der Deformationsarbeit W_1, der Zapfenreibung W_2 und der Rutschungsarbeit W_3, welch' letztere davon herrührt, dass die durch Berührung mit den Walzen abgekühlte, also zäher gewordene Oberfläche des Walzgutes sich während des Streckens an den Walzen reibt.

Wenn man bezeichnet durch:

F den Querschnitt des Kalibers in Quadratcentimetern,
l die Länge des Blockes nach dem Passiren des Kalibers in Metern,
J die Berührungsfläche zwischen Walzen und Packet in Quadratcentimetern,
p den Druck in Kilos für 1 Quadratcentimeter der Berührungsfläche,
$P = 0{,}001\ Jp$ den durch Beobachtung gefundenen Walzendruck in Tonnen,
α den Abnahmecoefficienten,
b die grösste Breite des Kalibers in Centimetern,
s den halben Umfang desselben ebenfalls in Centimetern,
u die Anzahl der Umdrehungen für den Stich,
$r = \frac{100\ l}{2\ \pi\ u}$ den wirksamen Walzenradius in Centimetern,
ϱ den Zapfenradius in Centimetern,
f den Reibungscoefficienten, nach den Versuchen = 0,046,
H die Packethöhe vor dem Durchgang in Centimetern,
K die Kraft zur Verrichtung der Deformationsarbeit W_1 in Tonnen,

so ist nach der Ausrechnung der rheinisch-westfälischen Versuche durch E. Blass:

$$J = b\sqrt{rH(1-\alpha)};$$

$$K = {}^3/_8\, P\sqrt{\frac{H(1-\alpha)}{r}};$$

$$W_1 = K l^{mt} = 1000\, K l^{mk};$$

$$W_2 = 0{,}02\, \pi \varrho u f p J;$$

$$W_3 = 60\, J l \sqrt{p\, 1-\alpha}\left(\frac{3s-2b}{b}\right).$$

Unter weiterer Annahme constanten Volumens V und einer Durchzugskraft von $K = 400$ Kilo pro Quadratcentimeter des Kaliberquerschnittes ergibt sich der theoretische Werth, der die Deformationsarbeit W_1 geben soll:

$W_1 = K V \log n \frac{l_1}{l_0}$, wobei l_0 die anfängliche und l_1 die schliessliche Länge des Walzgutes bezeichnet.

Für V constant ist $l_1 = \frac{l_0}{\alpha}$, daher auch

$$W_1 = K V \log \frac{1}{\alpha}.$$

Die auf Grund der von Blass aufgestellten Formeln berechnete gesammte Walzarbeit stimmt, wie ein Beispiel ersichtlich gemacht hat (Vorwalze der Schwellenstrasse zu Oberhausen), mit der durch Beobachtung gefundenen gesammten Walzarbeit (aus der Steigerung der Umlaufszahl des Schwungrades im Leergang ermittelt) ziemlich gut überein.

Hierbei sind im Mittel:

$$W_1 \text{ oder Deformationsarbeit} = \frac{15{,}5}{100} W,$$

$$W_2 \text{ oder Zapfenreibung} = \frac{4{,}5}{100} W,$$

$$W_3 \text{ oder Rutschungsarbeit} = \frac{80}{100} W.$$

Noch ist anzuführen, dass der Wirkungsgrad der Walzenzugsmaschine (d. h. das Verhältniss der aus der Steigerung der Umlaufszeit des Schwungrades im Leergang ermittelten Arbeit für die Gesammtwalzzeit zu der indicirten Arbeit für eben diese Zeit) 0,657 bei 422 indicirten Pferdestärken betragen hat.

4. Kapitel.

Einrichtung und Betrieb der Blechwalzwerke.

§ 853. Die Walzwerke zur Herstellung des platten- oder blattförmigen Eisenfabrikats, das man generell mit dem Namen „Blech" bezeichnet, arbeiten im Gegensatz zu den anderen Walzwerken mit glatten, vollkommen cylindrischen Walzen und ohne jede Kalibrirung. Es entsteht hieraus eine unbegrenzte oder freie Breitung des Walzstückes und infolge einer nicht zu vermeidenden Ungleichmässigkeit in der Streckung eine mehr oder minder unregelmässige Begrenzung der entstandenen Tafeln oder Platten, welche durch Beschneiden mit entsprechend gebauten Scheeren leicht beseitigt und durch sonst aufmerksame Walzarbeit in engen Grenzen gehalten werden kann.

Nur bei ausnahmsweise starken und schweren Platten, z. B. den Panzerplatten, bedient man sich, ebenso wie bei manchen Breiteisen von grossen Dimensionen, der bereits erwähnten Universalwalzwerke, d. h. einer Combination von horizontal und von vertical gelagerten cylindrischen Walzen, wodurch ein gewisser Seitendruck und eine genauere Seitenbegrenzung hervorgerufen wird. Von diesen Walzwerken wird in dem folgenden Kapitel besonders die Rede sein.

Die gewöhnlichen Blechwalzwerke unterscheiden sich im Allgemeinen von den Stabwerken durch kräftigeren Bau und kräftige Walzen, weil die Walzarbeit eine sehr viel grössere ist als bei den Walzwerken für Stäbe, obschon einzelne Funktionen der letzteren, z. B. die Rutschungsarbeit, gänzlich fehlen.

In Form und Anordnung einzelner Details erscheinen die Blechwalzwerke oft einfacher; dagegen ist wiederum der Organismus der Walzenstellung und des Ueberhebens bezw. Zurückgebens ausgebildeter

als bei vielen anderen Construktionen. Ebenso findet wegen der nothwendigen Beweglichkeit der Oberwalze stets eine besondere Rücksicht auf deren Aufhängung und Abbalancirung statt und bedarf einer fortdauernden guten Instandhaltung.

Die Anordnung der Walzen selbst ist bei den Blechwalzwerken verschieden. Ganz ohne Abbalancirung der Oberwalze, welche nur Oberlager hatte und von Stellschrauben gehalten wurde, arbeiteten die ältesten Schwarz- oder Feinblechwalzwerke, welche auch mit sogenannten Pilarengerüsten versehen waren. (Vgl. Karsten's Eisenhüttenkunde, 3. Aufl., III, S. 396.)

Die Oberwalze lag beim Leergang auf der Unterwalze auf und wurde von ihr gedreht oder mitgeschleppt, daher der Ausdruck „Schleppwalze" für solche ohne Transmission bewegte Walzen. Beim Vollgang hob das eingesteckte Eisenstück die Oberwalze auf, bis die Hebung durch die richtige Einstellung der Schrauben aufgehalten wurde. Nunmehr trat der Druck ein und dabei nahm das durchgezogene Eisenstück seinerseits die Schleppwalze mit. Nach dem Verlassen des Walzwerkes durch das Eisenstück fiel die Schleppwalze mit starkem Klirren wieder auf die Unterwalze herunter und wurde wiederum mitgeschleppt.

Weil mit diesem Fallenlassen der Schleppwalze vielfach Unzuträglichkeiten verbunden waren (erschwertes Einführen des Walzstückes, Ausbrechen der Walzenstösse etc.), hing man die Schleppwalze mit Gegengewichten auf. Nunmehr lag sie im Leergang des Walzwerkes vollkommen ruhig und still und wurde nur bei Vollgang durch das Walzstück mitgeschleppt.

Später vervollkommnete man die Walzwerke für Platten und Bleche in ähnlicher Weise wie die übrigen Walzwerksconstruktionen und ordnete vollkommenere Lagerung sowie regelrechte Kuppelungen an, wobei allerdings meist zu beachten war, dass die verschiedenen Abstände der Walzflächen voneinander bei den Blechen in weiteren Grenzen sich bewegen als sonst.

§ 854. Dies machte besonders bei der Kuppelung in denselben Walzenaxen einige Abweichungen gegen die Anordnung bei den gewöhnlichen, nicht so weit verstellbaren Walzwerken nöthig.

Man brachte, um zu starke Divergenzen der Spindeln zu vermeiden, überhaupt längere Spindeln an und sorgte nur für eine sehr genaue Einstellung der Walzenlager, um den Einfluss der gebrochenen Axenlinie der Oberwalze thunlichst einzuschränken.

Ebenso wurde die gegenseitige Verbindung der Walzen durch Getriebe oder Krauseln von der sehr wechselnden Einstellung berührt. Man brachte bei älteren Walzwerken diese Verbindungen in der Regel an der der Transmission vom Motor entgegengesetzten Seite an und verwandte alsdann oft langzähnige Räder, damit dieselben den Eingriff nicht verlören.

Dadurch sind für die weiten Stellungen recht ungünstige Wirkungsverhältnisse hervorgerufen worden, die nur theilweise durch die jener Einstellung entsprechende höhere Temperatur und grössere Bildsamkeit der Walzstücke ausgeglichen wurden.

Eine von mancher Seite in Anregung gebrachte Einfügung eines Zwischengetriebes scheint nicht zur Ausführung gebracht worden zu sein; sie würde auch zu complicirtem Bau Veranlassung gegeben haben.

Durch Theilung der Walzarbeit in die Vor- und Fertigarbeit kam man bei der Grobblechwalzerei am besten zum Ziel, die starken Abnahmen unschädlich für die Kuppelungen wie für die Genauigkeit der Arbeit zu machen. Die Walzwerke zum Vorstrecken der Brammen und Blöcke arbeiten mit etwas kürzeren, aber dicken Walzen, bei anfänglich stärker, dann schwächer divergirenden Spindeln, ohne die Krauseln zu beeinflussen.

Bei den Fertigwalzen, welche länger sein mussten, waren die Unterschiede der aufeinander folgenden Einstellungen nunmehr geringer und konnten leichter überwunden werden.

Die Einstellung der Walzen geschieht, wie die Abbildung des Reversirwalzwerkes Taf. XXXVIII zeigt, durch Druck- oder Stellschrauben, wie beim Stabeisenwalzwerk, nur dass zur leichteren und rascheren Bewegung derselben grosse Stellräder auf den Schraubenköpfen sitzen, welche nach unten zu zahlreiche Handgriffe tragen, welche von den Arbeitern leicht gefasst werden können. Lager, Brechkasten etc. sind von gleicher oder doch ähnlicher Einrichtung wie bei den Grobeisenwalzwerken.*)

Um die gleiche Einstellung beider Stellschrauben zu sichern, hat man wohl die Stellräder durch Stangen oder durch Getriebe gegenseitig verbunden; es ist aber nicht ausgeschlossen, dass wegen ungleicher Walzenerwärmung und -ausdehnung die Einstellung beider Walzenenden unter Umständen eine verschiedene sein muss.

Tritt dieser Umstand auch nicht häufig genug ein, um eine hervorragende Berücksichtigung zu verdienen, so lässt sich doch auch bei gegenseitig vollständig unabhängigen Stellvorrichtungen eine vollkommen gleiche Einstellung beider Lager ohne Schwierigkeit erzielen.

Es ist nur darauf zu sehen, dass die Schraubengänge hierzu die erforderliche Ganghöhe besitzen und namentlich die der Vollendwalzen für feinere Bleche.

*) Man hat auch Räder mit horizontalen Axen angewandt, welche mittelst Konusübersetzungen auf die Stellschrauben einwirken.

Um Stauchungen zu vermeiden, räth von Hauer in seinen Hüttenwesensmaschinen, den Stellschrauben keine scharfkantige, sondern flache Gewindegänge zu geben. Die Windung der Schraubengänge ist wohl am besten gleichsinnig zu nehmen, besonders wenn Einzelstellung stattfindet.

§ 855. Sehr wichtig für Anlage und Betrieb der Blechwalzwerke waren von Anfang an die Vorrichtungen zum Ueberheben der Walzstücke, weil deren Gewicht bei der Blechwalzerei zuerst die Grenzen der Handarbeit überschritt. Da nun gleichzeitig die älteren Blechwalzwerke meist als Schleppwalzen ohne Getriebekuppelung construirt waren, so versagten die Oberwalzen jede Mitwirkung beim Zurückgeben der Stücke und der Betrieb gestaltete sich sehr schwierig.

Daher suchte man auf jede Weise die Beweglichkeit des Arbeitsstückes mechanisch zu steigern, und sehr bald waren die Walztische mit Rollen versehen, später in bewegliche Tische verwandelt, welche gehoben und gesenkt wurden, je nachdem übergehoben oder eingesteckt werden sollte.

Anfangs geschah die Bewegung der Walztische von Hand; mit zunehmender Dimension der Blechfabrikate stieg aber das Gewicht derselben und man musste zur Maschinenkraft seine Zuflucht nehmen.

Diese Vorrichtungen sind die Vorläufer der im vorigen Kapitel beschriebenen Walzentischeinrichtungen für Blockwalzwerke geworden, welche wohl das Vollendetste in der genannten Hinsicht darstellen.

Bei den Blechwalzwerken, sofern die dargestellte Waare zwar räumlich ziemlich gross, dem Gewicht nach aber nicht besonders schwer ist, braucht man die Hebung der Tische nicht so einzurichten, dass dieselben beim Heben und Senken vollkommen horizontal bleiben, sondern die Hebung kann so erfolgen, dass das an die Walzen stossende Ende gehoben wird, das andere dagegen mit zwei in eventuell beweglichen Lagern ruhenden Zapfen sich dreht. Diese Auflagerung kann in einer der Axe von der Oberwalze ungefähr entsprechenden Höhe angebracht sein, so dass auf der Einsteckseite das Stück sowohl beim Zurückgeben als beim Einstecken leichter herabgleitet. Auf der Rückseite macht dann nur das Heraufschieben beim Zurückgeben einige Schwierigkeiten.

Der Zugang zu den Walzen sowie die freie Bewegung um das Walzwerk werden durch all diese Anordnungen allerdings erheblich gemindert, weshalb in neuester Zeit das Reversirwalzwerksprincip bei den Blechwalzwerken grösserer Abmessung Eingang gefunden hat.

Es wird dabei Zeit und in Folge dessen Lohn und Brennstoff gespart und die beim Blechwalzen oft nothwendige Controle zwischen den einzelnen Durchgängen kann dennoch ebenfalls ausgeübt werden.

Ein solches Reversirwalzwerk für schwere Bleche stellt eben die Taf. XXXVIII dar, welche einer weiteren Erklärung wohl nicht bedarf.

§ 856. Wie bei dem Stabeisen, hat man auch bei dem Blech das Princip des Triowalzwerkes versucht und zeitweilig beibehalten, doch vorwiegend nur für leichtere Bleche, wie erklärlich, weil die Unbequemlichkeiten des Hebens vor dem Durchstecken dann unerhebliche sind.

Ein eigenthümliches Triowalzwerk rührt von Lauth, einem bekannten amerikanischen Ingenieur, her, welcher eine schwächere Mittelwalze zwischen zwei stärkeren, aber gleichdimensionirten anderen Walzen unterbrachte und erstere als Schleppwalze behandelte. Sie wird durch eine Hebevorrichtung bald mit der einen, bald mit der anderen Walze in Verbindung gebracht. Die Ober- und Unterwalze sind mehrfach gegenseitig durch drei Kammwalzen verbunden, da sie sich ja gleichsinnig drehen müssen, und es wird die obere Walze mit Stellschrauben eingestellt und durch Gegengewichte getragen.

Diese Einstellung regelt, da die Mittelwalze sich alsdann an die Oberwalze anlegt, auch den freien Zwischenraum zwischen Mittel- und Unterwalze.

Die Hebung der Mittelwalze erfolgt bei feinen Blechen einfach durch das hindurchgesteckte Walzstück selber; für stärkere Bleche ist es besser, eine besondere, recht praktisch mit Seilverbindungen arbeitende Hebevorrichtung zu benutzen.

Direktor Ch. Borgnet (Espérance bei Lüttich) theilt über das in Belgien eingeführte und von ihm selbst betriebene Walzwerk verschiedene Details unter Beigabe einer Skizze mit (Revue universelle, T. 37, 649; Oesterreichische Zeitschrift 1875, S. 461). Vor Allem hebt er die grosse Einfachheit der Einrichtung hervor, welche sich auch darin kundgibt, dass nur bei schweren Blechen eine vollständige Krauselwalzentransmission nach der Oberwalze geht, während bei leichten Blechen die beiden oberen Cylinder nur durch Reibung wirksam werden.

Gewöhnlich ist der Durchmesser der Mittelwalze halb so gross wie der Durchmesser der beiden anderen Walzen, doch hat ihn Borgnet für das grössere Walzwerk auf $^2/_3$ des Durchmessers der anderen Walzen gebracht (0,40 auf 0,60 bei 2 m Tafel- oder Ballenlänge).

Bei einem Polirwalzengerüst mit vier Walzen, zwei starken und zwei schwachen, sind die resp. Durchmesser 0,40 und 0,30 m in der Zeichnung angegeben; Borgnet führt aber an, dass hier der Unterschied in den beiderseitigen Durchmessern grösser sein könne als bei den eigentlichen Walzwerken zu drei Walzen.

Die von Borgnet, doch nur bei dem Grobblechwalzwerk, angewandte Hebevorrichtung besteht aus Stricken, welche um die Walzenzapfen geschlungen sind und sich nur dann mitdrehen, wenn ein lose herabhängendes Ende des Taues angezogen wird. Das andere Ende wirkt auf eine auf beiden Ständern befestigte horizontale Welle, die zwei Scheiben an ihren Enden trägt, auf denen sich die Enden von zwei Schleifen aufwickeln, in welchen die Zapfen der Mittelwalze hängen.

Bei dem Polirwalzwerk liegen die zwei Mittelwalzen etwas vor den zwei Aussenwalzen, so dass die beiden durch die Axenpaare gelegten verticalen Ebenen etwa 0,03 m voneinander abstehen.

Ueber die Gesammtanordnung einer Lauth'schen Feinblechstrasse theilt Petersen (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1876, S. 377, Folgendes mit.

Zunächst ist ein Gerüst mit zwei Platinenwalzen zum Auswalzen der Blechplatinen in 5 bis 6 Kalibern vorhanden, welches $^3/_4$—1 Zoll starke, 5—6 Zoll breite Stäbe liefert. Dann folgt ein Gerüst mit zwei Walzen von ca. 20 Zoll Durchmesser und 1 m Ballenlänge, unter welchem die Platinen vorgestreckt werden. Das dritte Gerüst enthält das Lauth'sche Trio, in welchem die Schleppwalze nicht besonders angestellt, d. h. gehoben und gesenkt wird. Die Walzen machen nach Petersen 40 bis 50 Touren und werden durch eine liegende Maschine mit Condensation getrieben.

Die Arbeit selbst verläuft so, dass man die in Rostglühöfen (fours dormants; s. u. Fig. 144) erhitzten Platinen oder Sturze, welche in 5—6 Stichen der Platinenwalze aus Packeten geschweisst und ausgewalzt waren, in einer Hitze zu fertigen Blechen ausstreckt.

Die Packete bestehen wesentlich aus dickem und dünnem Blechschrot, welche zwischen zwei Luppenstäben von ca. 150 mm Breite mittelst der Packetpresse eingelegt sind, und werden in wirklichen Schweissöfen erhitzt.

Borgnet theilt noch Einzelnes über die Vorzüge und Nachtheile des Systems mit, das hier übergangen werden kann, da die Lauth'schen Walzwerke nicht mehr funktioniren.

Eine sehr ähnliche Combination wie das Lauth'sche Walzwerk mit vier Walzen hat J. Weidtmann viel später vorgeschlagen (Deutsches Reichs-Patent No. 36,597; Stahl und Eisen 1887, S. 55). Auch hier liegen zwei schwächere Walzen, die als Arbeitswalzen fungiren sollen, zwischen zwei starken Druckwalzen, wobei die beiden oberen Walzen durch Hebelgewichte oder Aehnliches ausbalancirt werden sollen. Ein Unterschied zwischen der Weidtmann'schen und der Borgnet'schen Anordnung besteht eigentlich nur hinsichtlich der Durchmesserverhältnisse der Walzen, von denen die kleineren $^2/_5$ der grösseren stark erscheinen, und in der gegenseitigen Lagerung. Die Walzenaxen liegen bei Weidtmann in derselben Verticalebene.

§ 857. Ehe auf weitere Einzelheiten und besondere Verhältnisse eingegangen werden kann, empfiehlt es sich, einen allgemeinen Ueberblick über den Gang der Fabrikation zu geben.

Bleche oder tafelförmige Eisenfabrikate, welche früher unter Hämmern dargestellt wurden, werden heutigen Tages vorwiegend oder allein auf Walzwerken erzeugt. Das Material war früher theils einmal, theils zweimal geschweisstes Eisen, also einerseits Luppen und Deule, bezw. daraus ohne weitere Schweissung geschmiedete und gewalzte Halbfabrikate, Brammen, Sturze und Platinen, andererseits Packete aus Halbfabrikaten und Abfälle, die ihrerseits meist durch Hämmer in die richtige Form gebracht werden mussten, um dem Walzwerk übergeben werden zu können. Zu diesem geschweissten Rohmaterial ist neuerdings das Produkt der Converter und Gasöfen getreten, welches in gegossenen Blöcken von geeigneter Form der Blechfabrikation übergeben wird.

Die direkte Verwendung der Rohprodukte von der Herd- und Flammofenfrischerei gestattete natürlich nur die Herstellung leichterer und schwächerer Waare; nur ausnahmsweise puddelte man z. B. bei Borsig in Moabit bei Berlin u. a. a. O. schwere Luppen von nahezu 1 Tonne Gewicht zur Herstellung schwerer Kesselbleche etc. Der Erfolg dieses Verfahrens scheint ein zweifelhafter gewesen zu sein, denn grosse Walzstücke aus Schweisseisen wurden damals und noch später immer wieder durch eine geschickt geleitete, mehr oder weniger kunstvolle Schweissung aus diversen Materialien hergestellt.

Das Flusseisen, besonders das aus dem basischen Converter, vorwiegend aber aus dem Siemensofen stammende, ganz weiche Produkt hat dem Schweisseisen bei der Blechfabrikation eine seit mehr als 10 Jahren immer wachsende Concurrenz bereitet. Selbst kleine Bleche, Schwarzbleche zur Knopf- und Nagelfabrikation, Weissblechmaterial etc. werden jetzt in hervorragendem Maasse aus Thomaseisen gemacht. Die von den Flusseisenwerken gelieferten Blöcke und Billets haben einfach den alten abgeschmiedeten Deulschirbel (s. S. 220) bei der Platinenfabrikation ersetzt.

Besondere Wichtigkeit erhält aber die Flusseisenverwendung bei der Herstellung schwerer und grosser Waare, Constructionsblechen zu Kesseln, Bauten, Schiffen etc., endlich bei der Fabrikation der Panzerplatten, welche ja auch als ausnahmsweise dicke Bleche gelten können.

Hierbei kommen auch gemischte Systeme der Materialbereitung, Um- und Uebergiessen von Eisen mit Stahlfluss, Skeletteinlagen etc. vor, von denen nachher kurz die Rede sein soll.

Im weiteren Sinn gehören noch die Arbeiten zum Wellen oder Rillen der Bleche sowie die Herstellungen ringförmiger, geschlossener Bleche zu verschiedenen Zwecken in das Gebiet des Kapitels.

§ 858. Sieht man vom Schmieden des Bleches, einer untergegangenen Industrie, ganz ab, so wird sich die Schwarzblechindustrie aus Platinen wohl als der Ausgangspunkt für die Betrachtung des Betriebes der Blechwalzwerke ansehen lassen.

Die Blechplatinen, verschieden dimensionirte Flacheisen aus Deulkolben, Packeten oder Flusseisenblöcken hergestellt, werden in richtiger Länge abgeschnitten und gelangen demnächst in einen Ofen, um gewärmt zu werden.

Man kann hierzu jeden Ofen verwenden, der als Schweissofen construirt worden ist, braucht aber nicht die volle Hitze, sondern wird mit heller Rothgluth, welche bereits den wünschenswerthen Grad der Plasticität des Eisens sichert, das Ziel erreichen können.

Trotzdem ist es vortheilhaft, wenn man beim Einsetzen der Sturze oder Platinen, namentlich bei dünner Waare, ein rasches Feuer geben kann, um die starke Glühspanbildung zu verhindern. Man erreicht dies durch passende Entwickelung des Rostes und durch gute Regulirvorrichtungen für den Essenzug.

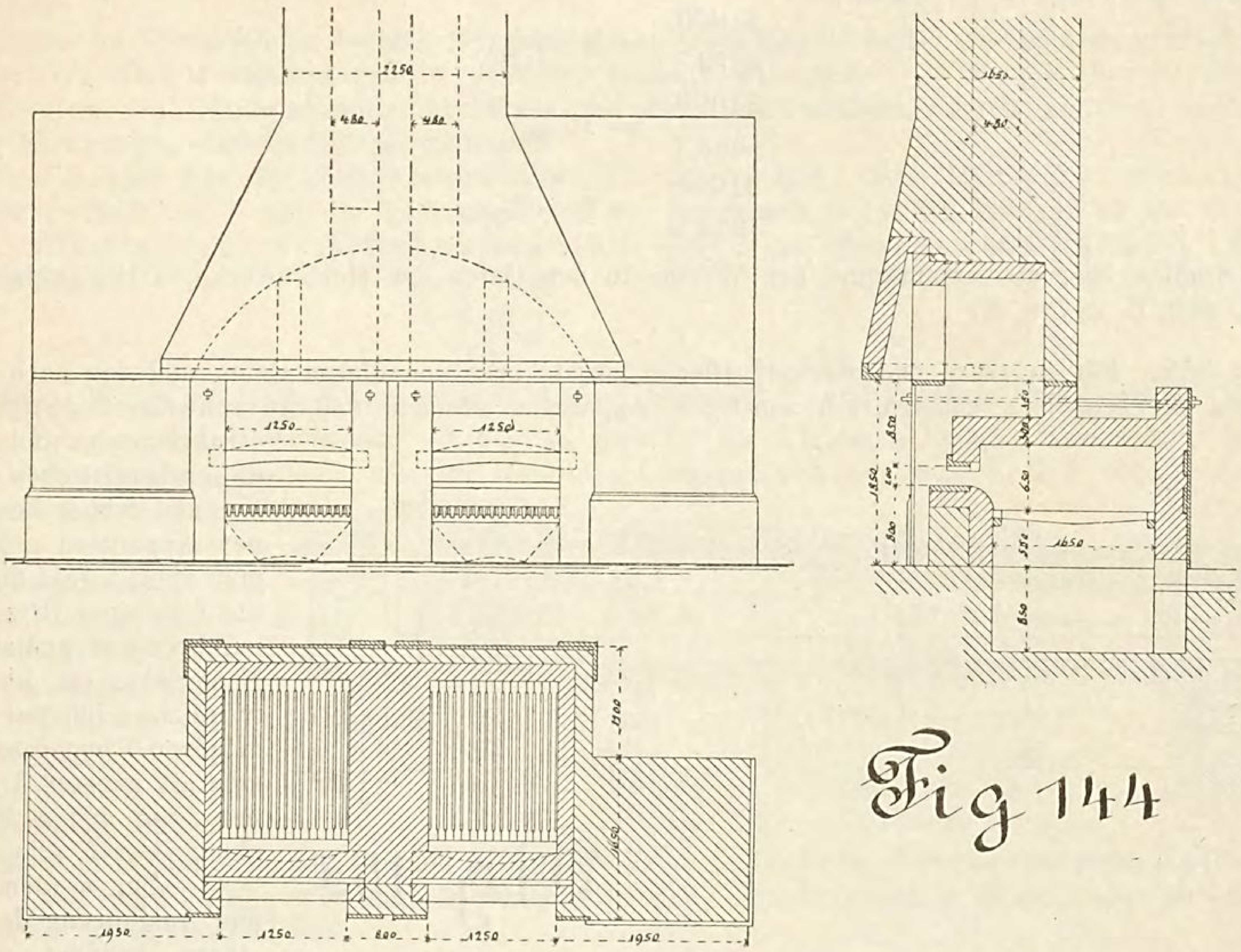


Fig 144

Für feinere und Schwarzbleche arbeitete man früher vielfach und noch jetzt theilweise mit einer Art Rostherd, der unter einem Gewölbe stand und die Flamme zur Arbeitsöffnung herausschlagen liess. Da derselbe eine ganz specielle Einrichtung der Schwarzblechhütten war und ist, so ist seine Darstellung (Fig. 144) und seine Beschreibung an dieser Stelle wohl zu rechtfertigen. Wie man leicht sehen kann, bestand diese meist paarweise angeordnete Heizvorrichtung wesentlich aus dem genannten Rost, der, mit Kohlen beschüttet, die Unterlage für die Einsätze bilden musste. Die Kohle, abwechselnd auf eine Hälfte jeder Rostfläche geschüttet, wurde so hoch gehalten, dass die Oberfläche fast das Niveau der Schwelle von der Einsatzthür erreichte. Durch letztere, welche immer offen blieb, entwich die Flamme und wurde von einem über der Ofenfront stehenden, mit Mantel versehenen Kamin aufgesaugt, ohne die Arbeiter erheblich zu belästigen.

Derartige Wärmöfen mit Rostherden (fours dormants) auf der oben erwähnten Walzhütte Espérance in Lüttich verbrauchten an Kohlen:

bei starken Blechen:

pro 100 Kilo Einsatz 36,7, pro 100 Kilo Waare 45/$_{00}$;

bei Nagelblechen (in dem Lauth'schen Walzwerk hergestellt):

pro 100 Kilo Einsatz 21,4, pro 100 Kilo Waare 26/$_{00}$;

bei Feinblechen:

pro 100 Kilo Einsatz 61,3, pro 100 Kilo Waare 68,50/$_{00}$.

Der Unterschied rührte nicht von der Qualität der Oefen, sondern von der verschieden raschen Walzarbeit her. Wo die Manipulation des Auswalzens relativ langsam geht, und wo in Folge dessen die Ofenbenutzung keine sehr vollständige ist (da die Rostbeschüttung gleichmässig weiterbrennt), musste ein geringerer Nutzeffekt zu constatiren sein, als bei den Oefen, welche schwere Bleche wärmten oder mit dem Lauth'schen Walzwerk arbeiteten.

Die producirten Wärmemengen stellen sich in der That für obige Betriebsresultate und unter der Annahme von $80/_{00}$ nutzbarem Kohlenstoffgehalt in der Kohle

auf 2372,3 *c* bei schweren Blechen,
„ 1383,4 *c* bei den Nagelblechen (in dem Lauth'schen Walzwerk hergestellt),
„ 3962,4 *c* bei Feinblechen.

Das Verhältniss der lediglich zur Schweissarbeit nothwendigen Wärme (210 *c* als Wärme eines schweisswarmen Eisenstückes angenommen) zu der im Betrieb verbrauchten stellt sich daher für die drei vorgenannten Fälle auf beziehungsweise

$$\frac{21000}{2372{,}3} = 8-9/_{00},$$

$$\frac{21000}{1383{,}4} = 15/_{00},$$

$$\frac{21000}{3962{,}4} = 5-6/_{00}.$$

(Dürre, Studien über die Ausnutzung der Wärme in den Oefen der Hüttenwerke; Dingler's Journal 1876, Bd. 220, S. 247 u. ff.)

§ 859. Für grössere und stärkere Bleche musste man von diesen Oefen und den nach Art der Wärmherde für Stabeisen construirten sonstigen Apparaten absehen und zu schweissofenartigen Construktionen greifen. Neben diesen bereits oben erwähnten und früher beschriebenen Apparaten gebrauchte man aber, sobald die Arbeit nicht in einer Hitze durchzuführen war, und auch zum Nachglühen etc. der Bleche, wirkliche Glühöfen mit niedrigeren Temperaturen und von oft grossen Dimensionen, von denen Fig. 145 einen Begriff gibt.

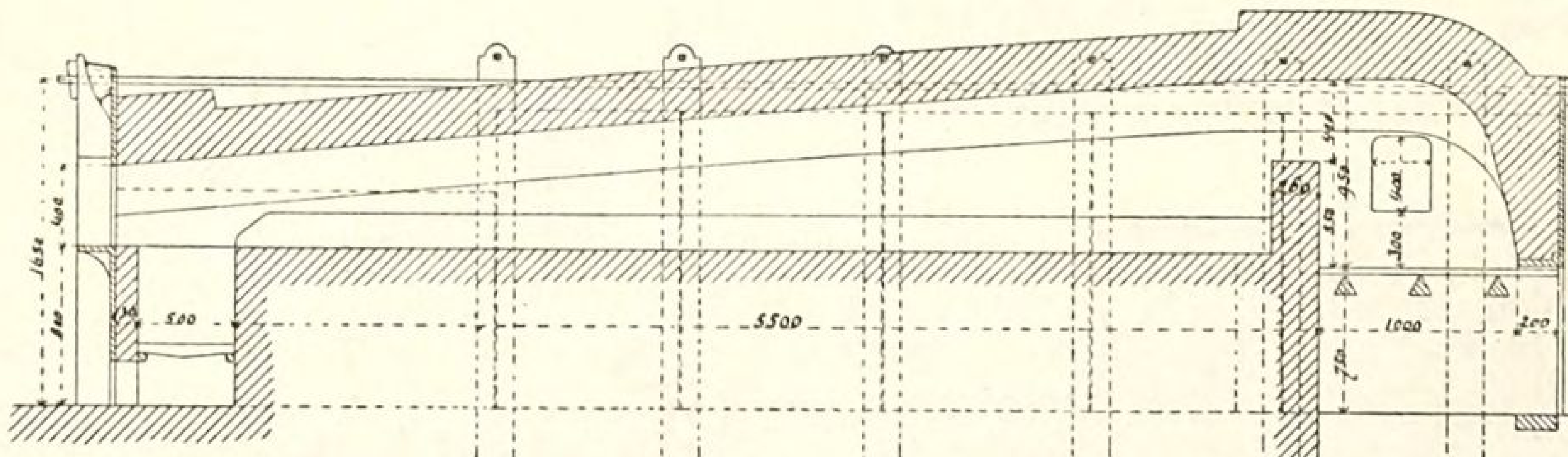


Fig 145

Zur bequemen Ein- und Ausführung der Walzstücke befindet sich die Einsatzthür solcher Oefen auf der Schmalseite und an dem Fuchsende des Ofens. Sie ist nahezu in der vollen Breite des Ofens angeordnet und wird durch mehrere an derselben Welle aufgesteckte Kettenrollen bewegt (die Aufziehvorrichtung ist in der Zeichnung fortgelassen).

Das am entgegengesetzten Ende des Ofens auf einem Planrost erzeugte Feuer streicht unter ziemlich flachem, langsam sich zur Thür senkenden Gewölbe nach derselben hin und tritt durch zwei nach unten führende Füchse von 470 mm × 260 mm Querschnitt (die erstere Dimension in der Richtung der Ofenaxe gemessen) in tiefer liegende Kanäle, welche zu einer Esse führen. Der Zwischenraum zwischen beiden Fuchsöffnungen beträgt etwa 1,125 m und es befindet sich in der Mitte desselben die in der Zeichnung erkennbare Hilfsfeuerung mit 575 mm Quer- und 500 mm Längsausdehnung.

Diese Hilfsfeuerung, welche zum besseren Erwärmen der Thürregion angelegt worden ist, findet sich nicht bei allen derartigen Oefen, erscheint aber nicht ohne Vortheil, um eine gleichmässigere Erhitzung der Bleche herbeizuführen.

Der aus gutem Chamottematerial ausgeführte Herd hat heraustretende Schwellen, um die Bleche etwas hohl legen und gleichzeitig besser bewegen zu können; diese Schwellen sind sowohl aus hochkantig eingesetzten guten Thonsteinen, als auch aus Gusseisen hergestellt und müssen glatt gehalten werden. Als Unterlagen des Herdes dienen sowohl Gewölbe- als auch gusseiserne, auf Querträgern lagernde Platten, welche alsdann von unten gekühlt werden können.

Neben solchen direkten Feuerungen können zum Heizen solcher Glühöfen auch Halbgas- und Gasfeuerungen genommen werden. Bei ersteren liegt die Feuerkammer, wo Gas und vorgewärmte Luft zusammentreffen, an derselben Stelle, wo bei den direkten Feuerungen der Rost sich befindet, und die Feuergase ziehen in ganz gleicher Weise an der Einsatzthür ab.

Bei der Anwendung von Siemensfeuerungen wird es zweckmässig sein, die Feuerbewegung von einer Langseite zur anderen zu leiten, um beim Oeffnen der Einsatzthür keine Störungen zu erhalten. Die Einrichtung der Regeneratoren etc. kann alsdann ähnlich werden wie bei dem Taf. XXIX u. XXX abgebildeten Gussstahlofen.

Im Allgemeinen vermeidet man bei dem Wärmen des Bleches und beim Nachglühen desselben jedes zu scharfe Feuer und arbeitet gern mit schmauchender Flamme, um die Glühspanbildung möglichst zu beschränken.

§ 860. Wie bei den Oefen, ist auch in Bau und Betrieb der Walzwerke eine allmälige Umwandlung zu constatiren, seit man aufgehört hatte, auf sogenannten Pilarengerüsten Feinbleche zu machen.

Die im Vorstehenden bereits charakterisirten Eigenthümlichkeiten der modernen Blechwalzwerke genügen, um diese Veränderungen in baulicher Hinsicht darzuthun. In betrieblicher Hinsicht mag es noch gestattet sein, Nachstehendes anzuführen und dann mit einzelnen Notizen sowie mit der Anführung einiger Neuerungen das Kapitel zu schliessen.

Fehland gibt für Feinblechwalzen die Walzenstärke auf 0,55 bis 0,63 m an, normirt die Zahl der Gerüste auf 3 und die Tourenzahl auf 45, für feinste Nummern auf nur 22 bis 25.

Platten- oder Grobblechwalzen sollen einen Durchmesser von etwa 25 bis 30/00 der Ballenlänge erhalten;

für 2,20 m		0,63 m,
„ 2,50 „		0,73 „
„ 3,00 „		0,78 „

Die grösste Walze zu Low Moor erreicht 3,35 m Ballenlänge und 0,815 m Durchmesser.

Der geringste Durchmesser ist 0,55 m auch für die kürzesten Ballen. Die Strasse besteht aus einem, höchstens zwei Gerüsten und die Tourenzahl bewegt sich zwischen 40 und 60. Andere Maasse für Blechstrassen sind folgende:

	für Feinbleche:	für Grobbleche:	für Platten:
Fundamenttiefe	n. angeg.	3 m tief, 1,1—1,75 m breit	n. angeg.
Walzendurchmesser D	0,55—0,63 m	0,63 m	0,73—0,78 m
Ballenlänge	2 m	2,20—2,50 m	3,0 m
Ständerquerschnitt	0,28 D	0,28 D	0,28 D
Durchmesser der Druckspindeln .	160 mm	190—210 mm	250 mm
Steigung	n. angeg.	0,11 d + 10 mm	n. angeg.
Länge der Kammwalzen	350—400 mm	450—470 mm	600 mm
Theilung der Kammwalzen . . .	100—110 mm	110—140 mm	210 mm

Zahnstärke und Zahnhöhe wie bei den Stabeisenwalzen. (Beckert, Eisenhüttenkunde, S. 390.)

Man wird wegen des starken Druckes in den Blechwalzwerken stets besser zu stark als zu schwach zu construiren haben.

§ 861. R. Böck fand mittelst Versuche an einer Walzenstrasse zu Donawetz bei Leoben, welche mit einer 300pferdekräftigen Maschine betrieben wurde, folgende Verhältnisse für die aufgewandte Arbeit in 10 Durchgängen, zwischen dem 10. und 20.

Durchgang	Blechdicke	Länge	Breite	Umdrehungszahl per Durchgang	Zeit einer Umdrehung	Vom Schwungrad abgegebene Arbeit		Betriebseffekt des Motors	Totaler Effekt
	Linien	Zoll	Zoll		Secunden	Total	per Secunde	per Secunde	
10.	16,5	84	44	0,99	1,10—1,11	116	107,5	69,4	176,9
11.	14,5	92	—	1,08	1,08—1,10	177	152,2	69,4	221,6
12.	12,5	101	—	1,19	1,09—1,11	214	164,6	73,9	238,5
13.	11,0	107	—	1,26	1,08—1,10	177	129,9	73,9	203,8
14.	9,5	130	—	1,53	1,09—1,11	214	125,8	73,9	199,7
15.	9,0	144	—	1,69	1,18—1,25	387	187,8	73,9	261,7
16.	8,0	159	—	1,89	1,20—1,25	363	156,0	96,4	252,4
17.	7,0	175	—	2,06	1,28—1,37	514	188,2	96,4	284,6
18.	6,5	191	—	2,25	1,28—1,40	650	212,4	96,4	308,8
19.	6,2	204	—	2,40	1,31—1,46	755	223,3	96,4	319,7
20.	6,0	230	45	2,71	1,39—1,59	816	195,6	123,6	319,7

Die Versuchsresultate der 9 ersten Durchgänge sind deshalb weggelassen worden, weil die Ungenauigkeit des genannten Experiments sich daselbst am meisten fühlbar gemacht. So viel wurde indess erkannt, dass besonders beim Eintreten des frischen Packetes das Schwungrad am wirksamsten auftritt, und dass der Anfangsstoss 400—500 Pferdekräfte zu absorbiren scheint. (Vgl. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1873, S. 625.)

§ 862. Auch die Blechstrassen sind in den umfassenden Untersuchungen einbegriffen worden, welche der Verein deutscher Eisenhüttenleute um das Jahr 1880 angeordnet hat und dessen Resultate in Stahl und Eisen 1881, S. 57, veröffentlicht worden sind.

Es wurden Versuche bei Schulz, Knaudt & Co. in Essen an einer Blechstrasse gemacht, welche nachstehende Ergebnisse hatten:

1. Nummer der Stiche oder Durchgänge	I	II	III	IV	V	VI	VII
2. Abnahme der Dicke in Millimetern	2,00	2,00	1,4	1,5	1,5	1,5	0,7
3. Länge des Bleches nach dem Durchgang in Met.	1,720	2,000	2,270	2,640	3,166	3,930	4,440
4. Blechdicke nach dem Durchgang in Millimetern	14	12	10,6	9,1	7,6	6,1	5,4
5. Umdrehungen während des Durchganges	0,853	0,991	1,12	1,31	1,56	1,95	2,20
6. Abnahmecoefficienten	0,875	0,858	0,848	0,859	0,838	0,804	0,886
7. Berührungsfläche zwischen Walzen und Blech in Quadratcentimetern	203	203	170	176	176	176	120
8. Druck per Quadratcentimeter Berührungsfläche in Kilo	121	127	152	167	173	242	163
9. Breite der Berührungsfläche in Centimetern	2,56	2,56	2,14	2,21	2,21	2,21	1,51
10. Totaldruck auf den Walzen in Tonnen	24,0	25,8	25,8	29,4	30,4	42,6	28,6
11. Schwungradarbeit per Stich in Metertonnen	40,0	28,0	32,0	64,0	60,0	112,0	44,0
12. Nettodampfarbeit per Stich in Metertonnen	15,0	15,0	9,0	10,5	13,3	7,8	8,8
13. Gesammtwalzarbeit per Stich in Metertonnen	55	43	41	74,5	73,2	119,8	52,8
14. Zapfenreibarbeit per Stich in Metertonnen	3,67	4,6	5,18	6,93	8,53	14,9	11,3
15. Theoretische Deformationsarbeit per Stich in Metertonnen	12,0	14,4	15,2	13,7	15,9	19,7	11,2
16. Walzarbeit, aus Durchmesser und Druck berechnet, in Metertonnen	1,21	1,51	1,37	1,96	2,43	4,25	2,19
17. Kraft, um den Block durch die Walzen zu ziehen, in Tonnen	34,3	21,5	17,9	28,2	24,3	30,6	11,9
18. Dieselbe in Kilo per Quadratcentim. Querschnitt	307	224	212	388	400	627	275
19. Reibarbeit in den Walzen + Zapfenarbeit + Walzarbeit aus Col. 16 in Metertonnen	38,5	45,3	49,6	59,3	82,1	151,0	59,6
20. Reibarbeit zwischen Blech und Walzen in Metertonnen	33,6	38,9	43,1	50,4	71,1	13,2	46,1

Zu dieser Tabelle sind noch nachstehende Bemerkungen hinzugefügt worden.

Da aus den Velocimetercurven und Indicatordiagrammen sich eine totale indirekte Dampfarbeit von 813 Metertonnen ergab, und da die totale Walzarbeit 462,9 Metertonnen (Summe aller Ziffern der Zeile 13) betrug, ergibt sich ein Nutzeffekt von $\frac{462{,}9}{813}$ oder 0,569.

Die Platine war 16 mm × 0,800 m × 1,500 m,
das fertige Blech war . . 5,4 „ × 0,805 „ × 4,40 m und das Gewicht betrug 147 Kilo.

Das Walzwerk wurde durch eine verticale Maschine von 1100 mm Durchmesser des Cylinders und 1255 mm Hub bewegt.

Die Leistung per Umdrehung, per Kilo, per Quadratcentimeter betrug 24 Metertonnen, die lebendige Kraft des Schwungrades bei einer Umdrehung per Secunde 400 Metertonnen und die Leerlaufsarbeit per Umdrehung ohne Walzen 1,84 Metertonnen, mit Walzen 3,75 Metertonnen.

Das Schwungrad von 6,600 m Durchmesser wog 30900 Kilo, der Schwungring + $\frac{1}{3}$ Arm 20000 Kilo.

Diese Versuche sind anscheinend nur für das Walzen von eisernen Blechen durchgeführt worden, für das neuerdings immer mehr in den Vordergrund tretende Flusseisen würden etwas andere Werthe herauskommen.

§ 863. Man hat die Anwendung des Flusseisens bei der Blechfabrikation schon lange angestrebt gehabt und viele Walzwerke haben schon sehr frühzeitig angefangen, besonders feinere Bleche aus Flusseisen zu machen.

Bereits auf der Pariser Ausstellung 1867 hatten deutsche und österreichische Bessemerwerke Muster von Blech und Blechwaaren vorgelegt, die angeblich aus ihrem Produkt gewonnen worden waren. Noch stärker trat dieses Bestreben 1873 auf der Wiener Ausstellung hervor, wo neben den deutschen besonders österreichische und belgische Werke schöne Stahl- und Flusseisenbleche vorgeführt haben. Eine besondere Stellung behaupteten die Grobbleche und Platten der Landorewerke in Wales, wo theilweise nach dem Siemens'schen Erzverfahren gearbeitet wurde, welches, wie auch das Martinverfahren, sich als vorzugsweise geeignet zur Fabrikation weicher und zäher Eisensorten erwies.

Daneben kam aber auch Bessemerprodukt von nahezu gleicher Güte zum Vorschein, und belgische Walzwerke haben sehr lange Zeit hindurch Bessemerblöcke von rheinischen Werken bezogen, um daraus tadelfreie Bleche zu walzen.

Auf der Düsseldorfer Ausstellung 1880 trat wohl zuerst die grosse Weichheit des Thomasflusseisens und seine Geeignetheit zur Blechfabrikation in den Vordergrund, ein Verhalten, dem neben den Erfolgen der Flammofenprocesse die wachsende Herstellung von Flusseisenblechen zuzuschreiben ist. Nach und nach gelang es auch, eine immer grössere Zuverlässigkeit in der Erzielung gleichmässiger Resultate bei dem Converterprocess zu erreichen und damit die Veranlassung zu Einwendungen zu beseitigen, welche gegen die Benutzung des Flusseisens und Stahls zum Dampfkessel- und Schiffsbau noch immer gemacht worden sind.

Nach eingehenden Verhandlungen in der Verbandsversammlung der deutschen Kesselrevisionsvereine 1887 sowie in dem Verein deutscher Eisenhüttenleute scheint die Thatsache, dass die Flusseisenverwendung in der gedachten Richtung keine besonderen Fortschritte in Deutschland gemacht hat, darauf zu beruhen, dass die Abnehmer, darin der Ansicht der vaterländischen Seebehörden folgend, neben den Eigenschaften grosser Dehnbarkeit und Biegungsfähigkeit eine zu hohe Festigkeit fordern.

Die Erfahrungen deutscher Werke, wie auch angestellte Versuche, dann die Ansprüche, welche ausländische Behörden zu erheben pflegen, wiesen darauf hin, dass die besten Eigenschaften der Bleche mit einer Festigkeit von 35 bis 42 Kilo per Quadratmillimeter erreicht werden können, während ein Material schwer zu finden ist, das mit über 48 Kilo Festigkeit per Quadratmillimeter auch die übrigen Proben, Härtung und Biegung, aushält. Gewöhnlich verbindet sich mit der genannten Festigkeit eine Neigung zur Härte, welche das Nachrichten nach geschehenem Glühen und Ablöschen erschwert.

Ueber das Verhalten des Flusseisens in dieser Hinsicht belehren Versuche eines grossen rheinischen Werkes, über deren Ausfall in Stahl und Eisen 1887, S. 462, berichtet wird.

Ein auf dem Peiner Walzwerk erzeugtes weiches Thomaseisen mit etwa

0,08 *C* 0,05 *P* 0,40—0,45 *Mn* Spuren *Si* 0,03—0,04 *S*

kann nach H. Wild unbedenklich zu Kesselbauten verwendet werden und concurrirt mit jedem Lowmoorblech; nur muss in der weiteren Behandlung beim Warmmachen und besonders beim Lochen der Bleche die erforderliche Aufmerksamkeit verwendet werden. Als Maximalfestigkeit dürfen hierbei 42 Kilo per Quadratmillimeter gelten.

§ 864. Der von H. Wild im Anschluss an vorstehende Mittheilungen ausgesprochenen Meinung, die chemische Analyse gewähre für die Beurtheilung der Qualität von Thomasflusseisen (im Hinblick auf die Blecharbeit) zuverlässigen Aufschluss, wird von anderer Seite, z. B. von Kreuzpointner, nicht vollständig beigetreten. Man kann dem letzteren sicher Recht geben, wenn er sagt, dass innerhalb der Grenzen 0,11—0,17 *C* 0,03—0,06 *P* 0,38—0,55 *Mn* 0,01—0,05 *Si* 0,02—0,03 *S* wahrscheinlich noch andere Faktoren, z. B. Giesstemperatur, Walzen, Ausglühen, auf die Güte und Dauerhaftigkeit des Materials von Einfluss seien.

Auch bedeutende Abweichungen in der chemischen Zusammensetzung könnten öfters durch ein Zusammentreffen von Umständen neutralisirt werden, wie sie bei der späteren Verwendung des Bleches leicht eintreten.

Derselbe Ingenieur, und dies gilt wohl jetzt als allgemein anerkannt, weist auf die Vorzüge hin, welche das im Siemens-Martinofen dargestellte Flusseisen als Kesselblechmaterial auszeichnen.

Homogenität und gleichmässiges Gefüge vereinen sich darin mit einem hohen Grad von Zähigkeit und Geschmeidigkeit. Dennoch theilt dasselbe die sonst für das Flusseisen constatirte Empfindlichkeit gegen einzelne Momente der Behandlung, zu rasches oder zu ungleiches Erwärmen desselben, zu heisses und zu kaltes Walzen der Platten, Verzögerungen und Unterbrechungen der Walzarbeit u. a. m.

Vor Allem ist das Material in der Blauwärme sehr empfindlich und darf nicht bearbeitet werden, wenn die Rothglühhitze beginnt ins Schwarze überzugehen.

Diese sämmtlichen Fragen haben die Verbreitung des Flusseisens als Blechmaterial gehemmt, bis neuere Versuche in der Sache Wandel geschaffen.

E. Grosse hat Schweisseisen mit dem auf der Hörder Hütte in neuerer Zeit aus Martinflusseisen von Holzkohlenqualität hergestellten Locomotivkesselblech verglichen, indem er Streck- und Biegversuche im kalten, blauwarmen (50—140⁰ C.) und rothwarmen Zustand, sowie Schweissversuche anstellte und dabei die nachstehenden Ergebnisse erhielt. Es ist klar, dass

1. das Schweisseisen in allen Festigkeitseigenschaften hinter dem Flusseisen zurücksteht, mit Ausnahme der Elasticitätsgrenze;
2. das ausgeglühte und langsam erkaltete Flusseisen geringere Festigkeit, aber grössere Zusammenziehung und Dehnung zeigt wie die ursprünglich gelieferte Blechtafel;
3. das im Zustande der Blauwärme plötzlich abgekühlte Flusseisen an Festigkeit etwas zu-, an Dehnung und Zusammenziehung aber abnimmt;
4. das rothwarm abgeschreckte Flusseisen an Festigkeit bedeutend zu-, an Dehnung und Zusammenziehung aber abnimmt.

Eine Härtbarkeit scheint beobachtet worden und dem angeblich hohen Kohlenstoffgehalt (?) zugeschrieben worden zu sein.

Versuche des Naval Advisory Board ergaben unter Anderem den interessanten Umstand, dass ein Phosphorgehalt von nahezu $0{,}1/_{00}$ und ein Siliciumgehalt von nicht über $0{,}04/_{00}$ anzustreben sei, um eine verhältnissmässig hohe Elasticität zu erreichen, ohne das Material für die Zwecke des Schiffbaues ungeeignet zu machen.

Zu gleichem Ziel führte anscheinend eine starke Bearbeitung der Ingots, da 12 Versuche mit einer Stahlplatte (Steel Co. of Scotland) gezeigt, dass durch das Auswalzen von 2,54 auf 0,635 cm die Elasticitätsgrenze um $28/_{00}$ und die absolute Festigkeit um $11{,}3/_{00}$ zugenommen hatten.

Mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt steigt der Elasticitätsmodul ebenfalls und erreicht das Maximum bei $0{,}30—0{,}35/_{00}$. Interessant ist die Behauptung, dass für Kessel- oder Schiffsbleche Material mit nicht mehr als $0{,}06/_{00}$ genommen werden dürfe. (Rudeloff, in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1887, 264 u. 306.)

§ 865. Entscheidend für die Flusseisenverwendung im Kessel- und Schiffbau scheinen Versuche der Glasgow Iron Co. in Wishaw geworden zu sein, welcher durch eine Reihe von 240 Zerreissversuchen von Blechen und Profilstäben und 660 Biegeproben, denen noch zahlreiche sogen. „Kreuzigungsproben“ folgten, die Ansicht des Lloyds Register über das Thomas-Flusseisen als Schiffsbaumaterial zu ändern gelang, das durch schlimme Erfahrungen, seitdem 1883 basisches Material zum Schiffsbau zugelassen worden, sich befestigt hatte.

Das damals angelieferte basische Material war meistens zu hart, dann aber überhaupt von zu wechselnder Qualität gewesen, und Lloyds Register hatten 17. December 1885 den Beschluss gefasst, basischen Stahl zum Schiffsbau nicht mehr zuzulassen.*)

Aus den neueren Versuchen der genannten Gesellschaft ergaben sich nachstehende Erfahrungssätze:

Basischer Stahl schweisst besser und ist in blaudunkler Hitze weniger gefährlich als saurer Stahl. Für Bleche ist derselbe nicht ungeeignet, doch sollten die Bedingungen: eine Minimalfestigkeit von 40,94 Kilo pro Quadratmillimeter bei einer Minimaldehnung von $20/_{00}$ (auf 200 mm Länge), ermässigt und auf 36 Kilo Minimalfestigkeit, besonders für Bleche über 12,7 mm, herabgesetzt werden.

Die Glasgow Iron Co. empfiehlt:

für Bleche von über 12,7 mm	40,9—45,6	Kilo pro Quadratmillimeter,
„ „ „ 6,35—12,7 mm	40,9—47	„ „ „
„ „ unter 6,35 mm	45,6—48,8	„ „ „

Festigkeit vorzuschreiben und räth noch, bei stärkeren Blechen einen Chromzusatz zu machen. (H. White und B. Martell, in Engineering 1887, Bd. 44, S. 141 u. 131; Stahl und Eisen 1887, S. 614.)

Werthvoll für die Beurtheilung der vorliegenden Frage der Verwendung des Flusseisens als Schiffsbaumaterial sind noch die Versuche von Riley und Parker auf der Scotland Steel Co. zu Glasgow (Iron and Steel Institute 1887, II. u. s. w.; Stahl und Eisen 1887, S. 597).

Sämmtliche Versuche wurden mit einer und derselben Eisenqualität hergestellt, welche die Zusammensetzung:

$$0{,}18\ C \quad 0{,}06\ P \quad 0{,}03\ Si \quad 0{,}48\ Mn \quad 0{,}04\ S$$

hatte. Zwölf Blöcke verschiedener Dimensionen wurden zu Brammen von 200, bezw. 100 mm Dicke und diese zu Blechen paarweise von 25, 13 und 6 mm Dicke durch Auswalzen je in der Längsrichtung sowie in der Längs- und Querrichtung verarbeitet.

*) Man kann wohl in diesem Ausschluss einen Grund dafür erblicken, dass die basische Arbeit in England so sehr hinter der des Continents zurückblieb, denn der Schiffsbau ist für Grossbritannien von ganz anderer Bedeutung, als für uns auf dem Festlande.

Es wurden wesentlich folgende Erfahrungen gemacht:

Beim Auswalzen zeigte der in Gjer's Gruben vorbereitete Block die grösste Dehnbarkeit, während beim Ausschmieden der durch Wiedererhitzen vorbereitete das gleiche Resultat zeigte.

Das Ausglühen beseitigt den Einfluss der Bearbeitungsweise nur zum Theil und ohne Gesetzmässigkeit.

Die Festigkeit des Metalls von der obigen Zusammensetzung nimmt mit der Bearbeitung zu, und es ist zur Erzielung einer mittleren Festigkeit bei gleichzeitig grosser Zähigkeit eine nur mässige Bearbeitung erforderlich.

Zur Steigerung der Zähigkeit ist das Material nach dem Auswalzen auszuglühen.

Die verschiedene Art des Auswalzens, ob über Kreuz oder nur nach einer Richtung, ergibt keine nennenswerthe Verschiedenheit, wenn auch nach dem kreuzweisen Auswalzen die in der Querrichtung entnommenen Proben bessere Werthe ergaben.

Aus den Biegeproben konnte man ersehen, dass das Material an sich gut und durch die Bearbeitung nicht spröde geworden war.

Die angestellten Härteproben zeigten, dass das Material nicht härtbar sich erwies; trotzdem darf das Flusseisen bei späterer Bearbeitung nicht aus hohen Temperaturen abgeschreckt werden, auch eine Bearbeitung bei Blauwärme erscheint nicht zulässig.

Bei allen Blechen, welche bei theilweiser Erhitzung in eine andere Form gebracht worden sind, ist ein Ausglühen sehr nothwendig. Auch wenn die Bleche zu kalt die Walzen verlassen haben, erscheint ein Ausglühen geboten, ebenso bei dicken Blechen oder solchen, die nach dem Walzen schädlichen Einflüssen ausgesetzt gewesen.

Zu hohe Temperaturen sind aber beim Ausglühen durchaus zu vermeiden und eine gleichmässige Erwärmung und ein langsames Erkalten möglichst anzustreben.

Ergeben vorstehende Versuchsarbeiten, denen eine Reihe neuerer Erfahrungen sich zur Seite stellen, nunmehr mit Sicherheit eine zunehmende Verwendbarkeit des Flusseisens zu Construktionszwecken, so kann doch noch nicht vollständig die alte Schweissmethode aufgegeben werden, weil es, besonders bei der Herstellung von starken und verschieden beanspruchten Eisenconstruktionen, z. B. Eisenbahnbrücken, noch nicht möglich erscheint, Stücke, die gelocht, gebogen etc. werden müssen, mit gleicher Sicherheit aus Flusseisen zu machen, wie aus Schweisseisen.*)

§ 866. Dass übrigens nicht alles Flusseisen zu solchen Construktionen gleich unsicher sich erweist, beweisen noch neuerere Versuche und Studien, welche der Baudirektor der österreichischen Staatsbahnen, Hofrath Bischoff, angestellt hat, und welche ihn bestimmt haben, das weiche Martin-Flusseisen als zum Eisenbahnbrückenbau vollständig geeignet zu erklären und dasselbe auch zuzulassen.

Carl Stöckl, Ingenieur der österreichischen Staatsbahnen, beschreibt speciell die Herstellung des grossen Moldauviadukts bei Cerwena, sowie die hierbei vorgenommenen Versuche u. s. w. (Stahl und Eisen 1890, S. 20).

Noch früher besprach F. A. Cooper in einer Versammlung des Iron and Steel Institute die Zusammensetzung und Beschaffenheit des bei der Forthbrücke verwendeten Flusseisens. Dasselbe stammte durchweg aus Herdflammöfen und sollte den nachstehenden Anforderungen entsprechen:

a) für die nur auf Zug beanspruchten Theile:

Zerreissfestigkeit: 30—33 Tons per Quadratzoll oder 47,25—50,97 Kilo per Quadratmillimeter,
Dehnung . . . 20/₀₀;

b) für die allein auf Druck beanspruchten Theile:

Zerreissfestigkeit: 34—37 Tons per Quadratzoll oder 53,55—58,27 Kilo per Quadratmillimeter,
Dehnung . . . 17/₀₀.

Ausserdem sollten noch verschiedene besondere Biege- und andere Proben angestellt werden, um die Qualität durchaus sicher zu stellen.

Aus den angeführten Thatsachen geht auch hervor, dass die gewünschten Leistungen von sehr vielen Angeboten erreicht und selbst übertroffen worden sind, und dass namentlich grössere Weichheit und Zähigkeit sich vorfanden.

Die Zusammensetzung des gelieferten Eisens war:

ad a)	0,19 *C*	0,02 *Si*	0,024 *S*	0,046 *P*	0,69 *Mn*
„ b)	0,23 „	0,03 „	0,024 „	0,046 „	0,69 „

(Stahl und Eisen 1891, S. 160).

*) Die ungünstigen Versuchsresultate und die daraus hervorgehenden, für die Verwendung des damals als Stahl bezeichneten Flusseisens hinderlichen Deduktionen der holländischen Eisenbahn-Ingenieure 1876 und 1877 in Duisburg werden hier nur erwähnt, um den veränderten Stand der Dinge heute klarzustellen. — Vgl. auch die Mittheilungen Birk's in der Wochenschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins und danach Stahl und Eisen 1889, S. 125.

Aus dem Gesagten geht klar hervor, dass das Flusseisen geeignet ist, hochgradige Walzwerksprodukte von grosser Haltbarkeit zu liefern, und dass es jedenfalls berufen ist, auch in dem Bereich des Dampfkesselbaues eine Rolle zu spielen, also bei der Kesselblechwalzerei die übrigen Walzeisensorten nach und nach zu verdrängen.

Selbst Firmen, die sich 10 Jahre früher gegen die Verwendung des Flusseisens als Constructionsmaterial, ihren Erfahrungen nach, ablehnend verhalten mussten, haben sich zu seiner Verwendung entschlossen (cf. Stahl und Eisen 1888, S. 875; 1889, S. 332).

Zum Aufgeben der Zurückhaltung gegenüber dem neuen Material für Kessel muss noch das Studium einer Reihe von Aufsätzen beitragen, welche E. Cornut, Chefingenieur der Gesellschaft von Dampfkesselbesitzern in Nordfrankreich, veröffentlicht hat.*)

Sehr interessant ist die gleich Eingangs der Arbeit gemachte, chronologisch geordnete Zusammenstellung der Anforderungen, welche seit 1855 an Stahl- und Flusseisenbleche für Dampfkessel gestellt worden sind.

Man ersieht leicht daraus, welche Wandlungen sich in der Beurtheilung des Flusseisens allmälig vollzogen, und welche Aenderung die Anforderungen durchgemacht haben, die man hinsichtlich Bruchfestigkeit und Dehnung stellen zu müssen glaubte, ebenso wie die zugestandene Dickenverminderung dem Schweisseisen gegenüber.

Die verlangte Bruchfestigkeit betrug 1855 80 Kilo-Quadratmillimeter bei nur $9/_{00}$ Dehnung, während sie bis 1885 auf 42 Kilo-Quadratmillimeter bei $18/_{00}$ Dehnung (französische Marine) herabging und Cornut selbst ein Festigkeitsmaximum von 40 Kilo-Quadratmillimeter bei einem Dehnungsminimum von $28/_{00}$ als durchschnittlich ausreichende Werthe hinstellte.

Wegen der sehr interessanten Einzelheiten muss auf die Quelle verwiesen werden.

In letzter Zeit sind auch namhafte deutsche Werke zu umfassenden Versuchen übergegangen und verdient in dieser Hinsicht besonders das Peiner Walzwerk genannt zu werden, welches Bleche aus Thomas-Flusseisen, basischem Martin-Flusseisen und Schweisseisen untersuchen liess, die von verschiedenen Werken geliefert worden waren (Thomaseisen von Peine selbst, Martin-Flusseisen von Hörde und einem anderen, ungenannt gebliebenen Werk, Schweisseisen von Jacques Piedboeuf in Düsseldorf).

Die Versuche erstreckten sich auf Untersuchungen der Zugfestigkeit, Biegeproben, Lochproben und Schmiedeproben.

Für das Martin-Flusseisen wurde eine Zusammensetzung von

$$0{,}08\ C \quad 0{,}05\ P \text{ und } 0{,}4-0{,}45\ Mn$$

als wünschenswerth seitens der königlichen Versuchsanstalt zu Berlin bezeichnet, den Werken aber freigestellt, eine andere, nach ihren Erfahrungen geeignetere Zusammensetzung zu wählen.

Beide Werke machten davon Gebrauch, aber nur der Hörder Verein theilte eine Analyse mit, welche ergeben hatte: $0{,}025\ P \quad 0{,}36\ Mn \quad 0{,}115\ C \quad 0{,}051\ S$.

Gleichzeitig bezeichnete Hörde ein Flusseisen mit 0,08 C als zu weich, während Bleche mit 0,16 C die Härteprobe vollkommen aushielten; auch sei festgestellt, dass die besten amerikanischen Feuerbleche 0,14—0,175 C enthielten.

Bezüglich des Details muss auf die Quellen (Mittheilungen aus den königlichen technischen Versuchsanstalten 1889, 3. Heft, und danach auszugsweise Stahl und Eisen 1890, S. 526) verwiesen, doch kann hier noch hervorgehoben werden, dass die Resultate im Allgemeinen recht günstige waren.

Noch mag auf die Qualitätsbestimmungen aufmerksam gemacht werden, welche eine Delegirtenversammlung des internationalen Verbandes der Dampfkesselüberwachungsvereine 12. und 13. Juni 1890 zu Stuttgart zusammengestellt hat und in welchen die sogenannten Würzburger Normen für flusseiserne Kesselbleche erweitert worden sind. (Siehe Stahl und Eisen 1890, S. 879.)

§ 867. Wenn hiernach die Vorbereitung des Materials sich durch gänzlichen Wegfall der Packetirung mit all ihren Feinheiten unzweifelhaft sehr vereinfachen wird und der gegossene Block an die Stelle des geschweissten, vielleicht sogar des abgeschmiedeten Packets treten wird, so kann doch der Betrieb der früheren Zeit, soweit derselbe überhaupt noch aufrecht erhalten wird, noch nicht ganz übersehen werden, und es bieten die älteren Erfahrungen, kurz vorgetragen, genug der interessant bleibenden Momente für die Kenntniss des Eisens und seiner Fabrikate, um sie hier nicht auszuschliessen.

Das Detail des Betriebes wird sich am besten nach der Grösse der Waare ordnen lassen, und es werden drei Grössen zu unterscheiden sein.

*) Annales industrielles 1888—89; E. Cornut, Note sur l'emploi de l'acier dans la construction des chaudières fixes et essais à la traction de tôles de fer et d'acier. Auszüglich in Stahl und Eisen 1889, S. 779.

Fein- oder Schwarzblech, worunter auch das Material zur Weissblechdarstellung zu rechnen ist, ebenso wie besonders behandelte Bleche, z. B. das Glanzblech etc.

Kesselblech, wozu auch Blech für alle möglichen anderen Construktionen, Hochofenmäntel, Gasleitungen etc. gerechnet werden muss, ebenso wie das Material zu manchen Geräthschaften, Schaufeln etc.

Panzerplatten zur Schutzverkleidung von Kriegsfahrzeugen gegen die Wirkung der Geschosse.

Fein- oder Schwarzblechdarstellung.

§ 868. Unter den im Handel und den Gewerben auftretenden Blecharten hatte das dünnere, zum Theil mit glänzender Oberfläche hergestellte Blech von jeher eine grössere Bedeutung gehabt, sowohl an sich selbst, wie als Material zur Herstellung verzinnter Bleche.

Weil ausserordentlich reine Oberflächen bei dieser Waare Bedingung waren, erforderte ihre Fabrikation die Verwendung schlackenfreien Rohmaterials, das womöglich eine doppelte Schweissung passirt haben musste, wenn es sich überhaupt, wie früher allgemein, um Schweisseisen handelte.

Diese Anforderung führte damals auch zur Bevorzugung des von Anfang an besser und homogener geschweissten Herdfrischeisens, und es ging diese Bevorzugung so weit, dass grosse, in den Steinkohlenbezirken belegene Blechhütten einen Herdfrischbetrieb mit leichten Cokes, selbst mit Holzkohlen, führten und damit allerdings öfters einen Schweissbetrieb verbanden, indem im gegebenen Zeitpunkt Blechschrot, Abschnitte, Ausschussbleche etc. vom eigenen Betrieb auf das Feuer gebracht und mit dem Deul verschweisst wurden.

In neuerer und neuester Zeit ist nach Früherem das Flusseisen als sehr starker Concurrent auch bei der Feinblechfabrikation aufgetreten und gibt vorzügliche Resultate. Die Flusseisenwerke, namentlich die mit basischem Betrieb, liefern Blöcke und Brammen in jeder verlangten Grösse, welche nach und nach auf den alten Holzkohlenwerken das eigene Rohmaterial verdrängt haben, nachdem man sich überzeugt hatte, dass das letztere ohne Gefährdung der geschäftlichen Interessen in der gedachten Weise ersetzt werden konnte.

Auch weiches Bessemerprodukt gelangte schon sehr früh zu einer ähnlichen Verwendung und lieferte erstaunliche Proben seiner Bildsamkeit bei einer die früheren Werthe weit übertreffenden Festigkeit.

Der Weg der Herstellung, gleichgültig welches das Material sei, ist im Allgemeinen so, dass zuerst ein Flachstab aus dem Block gewalzt wird, welcher, auf die Blechbreite zerschnitten, die Materialstücke, Sturze, für die weitere und eigentliche Blechwalzarbeit gibt.

Diese Sturze oder Walzstücke werden nunmehr normal zu ihrer Länge unter die Walzen gebracht und gestreckt, so dass die Durchgangsrichtung beim Blechwalzen rechtwinkelig zur Durchgangsrichtung beim Flachstabwalzen ist.

Dadurch entsteht eine Streckung in zwei verschiedenen Richtungen, welche für die Textur des Produktes nicht ohne Folgen ist, und welche besonders bei Verwendung gepuddelten Schweisseisens sehr günstige Einflüsse hatte.*)

Diese Einflüsse wiederholten sich, sobald der Sturz bis zu einer Länge ausgewalzt war, welche der Breite des späteren fertigen Bleches entsprach, da alsdann wieder die Walzrichtung geändert und, wenn von Fasern die Rede sein kann, die ursprüngliche Faserrichtung des Flachstabes nochmals zur Durchgangs- und Streckungsrichtung wurde.

Mit fortschreitender Verdünnung und Abkühlung des Bleches trat und tritt noch ein Bündeln desselben, d. h. das Vereinigen zu Bündeln ein, welche, gleichmässig aufeinander gelegt, öfters gewechselt, die Walzen passiren.

§ 869. Bei der Fabrikation feinerer Bleche hat sich, abgesehen von früher schon erwähnten Einrichtungen, noch besonders ein Verfahren vortheilhaft gezeigt, welches in Belgien, in der Nähe von Lüttich, ausgebildet und mit der Bezeichnung Calmoterie oder Calmouterie belegt worden ist.

Caecil Ritter von Schwarz beschreibt das Verfahren in der Kärnthner Zeitschrift 1874, S. 245, und gibt die Details einer Anlage wie folgt.

Mit zwei Schweissöfen und einer Walzenstrasse erzeugt man im Monat 6000 Stück (?) Feinbleche von 1—3,5 mm Stärke, per Stück $12^1/_2$—30 Kilo schwer. Das Material sind Packete aus etwa $35/_{00}$ Rohschienen als Deckel und $65/_{00}$ Schrot, welche, Dank der Geschwindigkeit der Arbeit, in einer Hitze (ohne eines Wärmofens zu bedürfen) auf Bleche der oben erwähnten Stärke ausgewalzt werden.

Diese Packete werden im ersten Gerüst der ganzen Strasse, welches ein Paar entsprechende Kaliberwalzen enthält, zu Sturzen oder Flammen ausgewalzt, und zwar gibt ein Packet immer zwei solche Sturzen, die durch einen Scheerenschnitt (die Scheere ist am Walzenständer befestigt) voneinander getrennt werden. Die Abmessung ist angegeben; die Längen und Breiten scheinen gleich und beziehungs-

*) Man unterstützte diese Wirkung sogar (besonders aber bei Kesselblechen) durch besonders angeordnete Packetirung, welche kreuzweise gelegte, abwechselnde Stablagen aufwies.

weise etwa 2 Fuss und nahezu 6 Zoll zu sein, nur die Stärken variiren zwischen 9 und 14 Linien. (Nähere Bezeichnung des Fussmaasses fehlt.)

Die aus dem Flachstab erhaltenen zwei Sturze oder Materialstäbe werden unmittelbar von den Vorwalzen in dem zweiten Gerüst der ganzen Strasse aufgenommen und gleichzeitig durchgewalzt, indem immer ein Walzstück durchgeht, während das andere zurückgegeben wird. Nach je einem Durchgang beider Stücke, also überhaupt nach zwei Durchgängen, werden die Walzen durch eine leicht regierbare Parallelstellung gestellt und zwar so, dass der Vorwalzer im Stande ist, beide Sturze zugleich in 5—6 Durchgängen auf Stücke von 2 Fuss Länge auszuwalzen.

Da der Vordermann auch das Stellen der Walzen zu besorgen hat, gehört immerhin eine grosse Gewandtheit dazu, die Arbeit durchzuführen, und es ist daher das Verfahren nur da ausführbar gewesen, wo ein altgeübter, lebhafter Arbeiterschlag, wie z. B. die Lütticher Wallonen, vorhanden war.

Selbstverständlich ist durch gute Abbalancirung der Oberwalze das Einstellen möglichst erleichtert und bequem gemacht.

Die soweit gestreckten Bleche gehen nunmehr, ohne Zwischenerwärmung, in das Vollendgerüst über, welches mit Hartwalzen von 4 Fuss Länge und 22 Zoll Durchmesser besetzt ist, die etwa 55 Touren machen und von einer 100—120pferdekräftigen Maschine getrieben werden.

Auch hier besorgt der Walzer das Stellen der Walzen mittelst leicht regierbaren Parallelstellungen; zum Ueberheben sind ebenfalls geeignete Vorrichtungen vorhanden. Nach drei bis vier Durchgängen werden die Bleche von feineren Nummern aufeinander gelegt und in sechs bis acht Durchgängen auf die verlangte Stärke gebracht, immer ohne zwischenfallende Glüharbeit.

Die Schweissöfen liegen möglichst nahe an der Kaliberwalze, welche das Ende der Strasse bildet, während an der Maschine die Vollendwalzen, dann die Kammwalzen und endlich die Vorwalzen sich befinden.

Zur Bedienung sind erforderlich ein Walzmeister (gleichzeitig Vorwalzer des Vollendgerüstes), ein Vorwalzer (für Kaliber- und Vorwalzen), dann drei Jungen als Auffänger, welche bezw. auch das Durchschneiden besorgen, endlich zwei Hebeljungen, je einer für die Kaliber- und die Vollendwalze. Die übrigen Einrichtungen sind ohne Interesse für die eigentliche Walzarbeit.

§ 870. Wo man nicht, wie im vorstehenden Fall, in einer Hitze den Walzprocess beendet, muss man die halbfertigen Bleche vor dem Weiterwalzen ausglühen, um das zu kalte Walzen und das hierdurch hervorgebrachte zu starke Härten zu vermeiden.

Das Glühen erfolgte früher in Herden zwischen Holzkohlen oder Cokes; später, als die Holzkohlen theurer wurden und auch die Benutzung offener Cokesherde sich als Verschwendung erwies, ging man zu Flammöfen über, welche im Allgemeinen den früher vorgetragenen Construktionsprincipien entsprechen, sich aber im einzelnen Fall immer nach der mittleren Grösse der vorhandenen Einsätze richten. Auch die Feuerführung mit schmauchender Flamme und die Herdeinrichtung entsprechen früher Gesagtem.

Ganz feine Waare glüht man wohl auch in geschlossenen Gefässen (Töpfen oder Muffeln mit gutem Verschluss), doch findet dies Verfahren weniger für das Zwischenglühen, als für das schliessliche Ausglühen statt.

Am besten ist eine hohe eiserne Muffel mit gut schliessender Thür, in welche die Blechbündel aufrecht, an die Seitenwände gelehnt, gestellt werden.

Zu den besonderen Einzelheiten bei der Feinblechfabrikation gehören das Bestreuen der mit Wasser abgebürsteten Oberflächen der vorgewalzten Bleche mit Holzkohlenpulver und das nunmehrige Wärmen und Walzen auf die Doppellänge.

Diese Behandlung wird wiederholt und dann die Bleche zu grösseren Bündeln vereinigt, welche in besonderen Glühöfen, die den Cementstahlöfen ähnlich sehen, fünf bis sechs Stunden lang sorgfältig erhitzt und unter Hämmern oder auch Walzwerken (mit Hart- oder Polirwalzen) bearbeitet.

Nach vier- bis fünffachem Glühen und Bearbeiten erfolgt eine Schlichtung, wonach die Bündel auseinander genommen, die Bleche untersucht und sortirt werden.

Wendet man ein durchaus schlackenfreies Eisen an (Deuleisen oder Flusseisen), so erhält man glänzend glatte, blau angelaufene Bleche, welche als sogenannte Glanzbleche stets einen wichtigen Exportartikel Russlands gebildet haben.

Durch die Behandlung mit Wasser und Holzkohlen findet eine Reduktion des etwa gebildeten Eisenoxyds (was die rothe Farbe vieler Bleche verursacht) zu Magnetoxyd statt, und das Glanzblechverfahren kann als Vorläufer der modernen Inoxydationsverfahren durch Wasserdampf etc. angesehen werden. (Vgl. darüber die Mittheilungen von Tunner, Russische Montan-Industrie 1871, S. 142, und Percy, Manufacture of Russian sheet iron London 1871, sowie N. Agielev im Gorni Journal, übersetzt von Langer in der Oesterreichischen Zeitschrift 1874, No. 11—19.)

Stoll bespricht in einem Vortrag über die Weissblechfabrikation auch die Herstellung der Schwarzbleche selbst aus verschiedenen Eisen- und Stahlsorten (Verein zur Beförderung des Gewerbfleisses, 4. Juni 1883).

Darstellung von gewöhnlichem oder Kessel- und Brückenblech.

§ 871. Das gewöhnliche oder Kessel- und Construktionsblech wurde seither grossentheils mittelst eines mehr oder weniger sorgfältig geführten Schweissprocesses hergestellt, welcher umfängliche und grosse Anlagen nothwendig machte, so dass die Herstellung schwerer Bleche nur von wenigen Etablissements betrieben wurde und mehr die Specialität einzelner Fabriken war, welche sich besonders darauf verlegt hatten.

Das Arbeitsverfahren stammt wohl aus England, wo heute noch Schweisseisenbleche von sehr guter Qualität erzeugt werden.

Es besteht wesentlich darin, durch Kunstgriffe im Packetiren alle Schlackeneinschlüsse möglichst zu vermeiden und für eine gehörige Homogenisirung der Textur unter steter Rücksicht auf Herstellung glatter und sauberer Aussenflächen zu sorgen.

Man erreichte dies dadurch, dass man zwischen zwei gut ausgeschweissten Deckplatten von etwas kaltbrüchigem Eisen eine gewisse Anzahl Schichten von Luppenstäben so einordnete, dass die Bestandtheile der wechselnden Lagen in gekreuzter Richtung zu einander sich befanden.

Das Packet wurde, sobald höhere Ansprüche an die Dichtigkeit und Festigkeit des Fabrikates erhoben worden waren, unter einem schweren Dampfhammer geschweisst und abgeschmiedet, dann nochmals erwärmt und nunmehr unter die Walzen gebracht.

Da grössere Bleche, von mehr als $^1/_2$ Tonne Gewicht, sich nicht mehr gut in einer Hitze auswalzen lassen, und somit eine Trennung der Arbeit durch ein nochmaliges Wärmen unvermeidlich war, bot sich in der Anwendung der Hämmer auch in dieser Hinsicht eine Erleichterung dar, die gleichzeitig die Qualität besserte, indem sie die Ueberführungs- oder Umformungsarbeit der ursprünglichen Packetgestalt in die des Bleches abkürzte.

Die Unterbrechungen der Walzarbeit wurden dadurch aber nicht ganz aufgehoben, da sie die beste Gelegenheit boten, Walzfehler, besonders durch die trotz aller Vorsicht eingewalzten Schiefer und Schlacken verursacht, durch Ausstemmen und Behauen etc. zu beseitigen und dann erst die Arbeit mit den so ausgebesserten Blechen zu Ende zu führen.

Wegen der Einflüsse der mehr oder minder ausgedehnten Schweiss- und Wärmarbeiten erwies sich eine Qualität des Materials als nothwendig, welche dem oxydirenden Einfluss der ganzen Behandlung zu widerstehen vermochte, d. h. sich nicht zum verbrannten oder faulbrüchigen Zustand hinneigte.

Man fand, dass Feinkorneisen, also kohlehaltiges, sonst reines Eisen sich besser zur Blechfabrikation durch Schweissung eignete, als Eisen mit mehr oder weniger ausgebildeter Sehne, und dass auch die geringere Neigung dieser Eisensorte, Schlackeneinschlüsse aufzuweisen, den Fabrikationsprocess begünstigte.

Die Anwendung gut schweissender, aus sogenanntem „Kaltbruch“ (Eisen mit $0{,}25 - 0{,}3/_{00}$ P und sehr wenig Silicium und Kohlenstoff) hergestellter Fuss- und Deckplatten begünstigte durch Bildung leichtflüssiger Schlacken und glatter Flächen die ganze Arbeit der Herstellung ausserordentlich.

Die Literatur enthält sonst über dieses ziemlich schwierige Verfahren wenig genaue Darstellungen. Vorstehendes ist zumeist aus eigener Anschauung hervorgegangen.

§ 872. Zur Einrichtung der Kessel- oder Grobblechwalzwerke mögen noch folgende Notizen und Bemerkungen angefügt werden.

Die Kärnthner Zeitschrift 1880, S. 19, theilt interessante Details über eine neue, zu Low Moor erbaute Strasse für breite Bleche mit, welche unter die grössten englischen Anlagen dieser Art gerechnet werden kann.

Die Maschine ist eine doppelcylindrige, horizontale Hochdruckreversirmaschine mit 50 Zoll Durchmesser bei 5 Fuss Hub, läuft mit 50 Touren pro Minute bei 4 Atmosphären Anfangsspannung. Sie wird mit Kolbenventilen nach Allen's System gesteuert, mit der Dampfeinströmung in der Mitte, während die Ausströmung an den Enden der Dampfkammer stattfindet.

Die Dimensionen der Maschine sind sehr stark, das Fundament äusserst kräftig und so gegliedert, dass auch das Kurbel- und Vorgelegelager auf demselben Platz gefunden und so eine möglichst unverrückbare Lage für alle wichtigen Theile geschaffen worden ist.

Die Kolbenstangen sind 7 Zoll dick, die Dimensionen der Pleuelstangen sind bezw. $6^1/_2$ und 8 Zoll bei $12^1/_2$ Fuss Länge. Die Kurbelscheibe von 7 Fuss 2 Zoll Durchmesser ist 14 Zoll dick und behufs Ausbalancirung der bewegten Theile entsprechend ausgespart.

Die Lager der Kurbelwelle, auf welcher das Antriebsrad aufgekeilt ist, haben 18 Zoll Durchmesser bei 27 Zoll Länge; für die Vorgelegewelle sind die entsprechenden Maasse 21 und 27 Zoll. Die Wellen, aus Low Moor-Eisen dargestellt, sind aus Schmiedestücken von 6 und 12 Tons hergestellt.

Das Antriebsrad, aus einem Stück gegossen, hat $5^1/_4$ Fuss Durchmesser; das angetriebene Rad, aus einem Armstern und acht Kranzsegmenten zusammengesetzt, hat 13 Fuss $7^1/_4$ Zoll Durchmesser.

Die Zahntheilung ist 8 Zoll bei 2 Fuss Breite, wobei beide Räder mit einem eisernen Kranz bis an den Theilkreis versehen sind.

Das Reversiren geschieht durch besondere Dampfmaschine mit Oelkatarakt, deren Steuerhebel ausserhalb des Maschinenhauses so angebracht sind, dass der Maschinist das Walzwerk übersehen kann.

Fundament und Grundplatte des Walzwerkes sind natürlich in bedeutender Stärke ausgeführt, wobei zu erwähnen ist, dass für besonders feste Verbindung des der Maschine nächsten Stückes mit der Transversalplatte der Maschine Sorge getragen ist.

Sonst bestehen die Fundamentplatten der Krausel- und der Walzwerksständer aus mehreren Theilen, die schwalbenschwanzartig verbunden und verkeilt sind.

Die Krauseln haben 2 Fuss 10 Zoll Durchmesser bei 8 Zoll Theilung; die Walzen von 11 Fuss Länge (3,3 Meter) sind 32 Zoll dick und gestatten die Herstellung von 10 Fuss oder 3 Meter breiten Blechen. Die Walzenständer sind besonders kräftig gehalten und wiegen jeder mehr als 17 Tons, haben Stellschrauben von 10 Zoll Stärke und 1 Zoll Ganghöhe.

Durch Friktionsrollen auf beiden Seiten des Walzwerkes und in der Ausdehnung von fast der ganzen Walzenlänge wird die Arbeit wesentlich erleichtert. Sie werden durch Andrücken eines Rades an ein anderes, auf der Unterwalze aufgekeiltes Rad in Bewegung versetzt, da jenes bewegliche Rad auf ein drittes wirkt, welches wiederum mit langer Axe und Winkelgetrieben die Rollen bewegt.

Auch das Verschieben der Blechplatten kann mittelst Gabeln auf einer beweglichen Welle mechanisch bewirkt werden.

Die Erbauer der Maschine sind Kitson & Co. in Leeds, während das Walzwerk selbst auf der Hütte nach den Angaben des Walzwerksdirektors Woodcock hergestellt worden ist.

§ 873. Eine Walzenstrasse für Grobbleche, welche auf Borsigwerk in Oberschlesien aufgestellt ist und mit Ballen von 3,5 m Länge ausgerüstet wurde, ist in Stahl und Eisen 1887, S. 71, beschrieben.

Man hat diesem Walzwerk vier schwere Dampfhämmer und entsprechende Schweissöfen gegeben und ist im Stande, Bleche aus Schweisseisen im Fertiggewicht bis zu 7000 Kilo herzustellen. Bezüglich der Dimensionen ist angeführt, dass die Fabrikation von Platten bis zu einer Mindeststärke von 5 mm bei 2,3 m Breite und 9 m Länge möglich ist, wie auch die Herstellung von runden Scheiben in 20 mm Stärke bis zu einem Durchmesser von 3,4 m.

Man hat einen grösseren Martinofen (15 Tons) erbaut, um auch aus dessen Produkt Blöcke von der gedachten Schwere herstellen zu können. Die früheren Oefen gestatteten nur Blöcke von 2500 Kilo.

Der Glühofen hat bei 3,5 m lichter Breite eine Länge von 12 m im Lichten, entspricht mithin bedeutenden Anforderungen.

Einen Walzentisch zum selbstthätigen Verdrehen der Bleche hat Ch. Davy in Sheffield angegeben (Englisches Patent 1595, 2. Februar 1888). Jeder Walzentisch hat nebeneinander zwei Reihen miteinander nicht verbundener, daher unabhängiger Rollen oder Walzen, welche aber mit einer Betriebswelle so verbunden sind, dass man durch Ein- und Ausschalten eines Wechselgetriebes beide Reihen in ungleicher oder gleicher Richtung sich drehen lassen kann. Im letzten Fall gelangt das Walzstück in derselben Lage, die es beim Heraustreten hatte, wieder in das Reversirwalzwerk zurück, während im ersten Fall dem Blech eine beliebige Drehung gegeben werden kann, ohne Handarbeit nothwendig zu machen.

Wird vermuthlich beim Walzen von Stahlsägeblättern gebraucht!

Darstellung der Panzerplatten.

§ 874. Wie schon angedeutet, versteht man unter Panzerplatten sehr dicke Eisenplatten, mit welchen die aus dem Wasser hervorragenden Seiten der Kriegsfahrzeuge verschalt oder gepanzert werden, um das Eindringen feindlicher Geschosse zu verhindern.

Wie bekannt, stammen die ersten erprobten Ausführungen solcher gepanzerter Fahrzeuge aus der Zeit des amerikanischen Unabhängigkeitskrieges, wo zuerst die Ueberlegenheit der Panzerfahrzeuge gegenüber den Holzschiffen deutlich zu Tage trat. Seit jener Zeit haben die Seemächte, vor Allem England und Frankreich, später die übrigen, den Bau der Panzerfahrzeuge in Angriff genommen und verbreitet.

Man gelangte in verhältnissmässig kurzer Zeit zu sehr bedeutenden Stärkeabmessungen, obschon sich vom Anfang an Bedenken dagegen geltend machten und man innerhalb bestimmter seemännischer Kreise der Ansicht war, eine Anzahl übereinander gelegter dünner Eisen- bezw. Stahlbleche oder -platten leiste mehr als eine gleichdicke Bepanzerung aus einer Masse.

Bei den weiteren Versuchen trat noch die Frage auf, ob es nicht zweckmässig sei, den Panzer, d. h. die Panzerplatte, aus zwei verschiedenen Eisenarten zusammenzusetzen: einer äusseren härteren,

naturgemäss aus Stahl hergestellten, welche bestimmt sein sollte, das Eindringen der Geschosse zu vereiteln, und dahinter eine zähere und weichere Unterlage, welche das Bersten des ganzen Panzers verhindern sollte, wenn die äussere Schale durch den Aufprall der Geschosse zertrümmert würde.

Diese zusammengesetzten Platten, anfänglich meist durch Aufschweissen von hartem Material auf weiches hergestellt (Mersey Steel works), ergaben bei Schiessversuchen zunächst negative Resultate. Erst als man sie durch Aufgiessen von härterem Martinmetall auf hellglühende weichere Platten und durch ein förmliches Anschweissen zu machen versuchte (Methode von Cammel & Co. in Sheffield), erzielte man eine bessere Vereinigung der beiden Elemente.

Diese älteren Panzerplatten sind ausnahmslos aus mehrfach geschweisstem Eisen dargestellt gewesen (vgl. Ulrich, Aust und Jänisch in der Preussischen Zeitschrift, Vol. XVI). Gewöhnliche sehnige Rohschienen wurden packetirt, geschmiedet und unter einem Kesselblechwalzwerk zu zolldicken Platten ausgewalzt, beschnitten und nochmals packetirt, geschweisst und zu zwei Zoll dicken Platten ausgewalzt. Diese Operation wurde bei steigender Stärke noch zweimal wiederholt, bis Platten von 4 bis 8 Zoll Dicke und 4 Fuss Breite gebildet waren. Ausnahmsweise und nur zu Küstenbatterien sind damals auch 14 Zoll dicke Panzerplatten gewalzt worden.

Die Vollendwalzwerke arbeiteten meistens mit Reversirkuppelungen, die Walzen hatten $2^1/_2$ Fuss = 700 mm Durchmesser, und die Maschine, an der noch eine Schienenwalze angekuppelt war, wurde bis auf 800 Pferdekräfte in Anspruch genommen.

Zum Stützen der sehr langen (3,600 m) Kuppelungsspindeln zwischen Vor- und Fertiggerüst war eine besondere Vorrichtung angebracht.

Weitere Angaben über Panzerplattenwalzwerke, namentlich über die Herstellung solcher Produkte aus Stahl, finden sich in der citirten Abhandlung und muss darauf verwiesen werden.

Ein Vortrag vom Admiralitätsrath Brix am 9. December 1881 im Verein deutscher Maschineningenieure enthält ebenfalls nähere Angaben über das ältere Verfahren der Panzerplattendarstellung aus Walzeisen (Stahl und Eisen 1882, S. 60).

§ 875. Mit zunehmender Anwendung des Flusseisens in der Blechfabrikation ging auch dessen Gebrauch bei der Panzerdarstellung vorwärts, wobei sich sehr früh die schon oben charakterisirte Bestrebung bemerklich machte, das Panzermaterial aus verschiedenen Eisen- und Stahlsorten zu bilden.

Es werden in einer Mittheilung des Iron (1879, Bd. 13, S. 75; s. a. Dingler's Journal 1879, Bd. 3, S. 427) nachstehende Methoden erwähnt.

Th. Hampton schlug vor, Stahlgussblöcke zu hämmern und zu Platten auszuwalzen, dann dieselben zu packetiren, in einem Flammofen schweisswarm zu machen und abermals zu hämmern und auszuwalzen. Bei eintretender Befürchtung, dass die Platten zu weich werden könnten, schlug der Erfinder eine oberflächliche Härtung und demnächstiges nochmaliges Auswalzen vor.

Die Gesellschaft Chatillon & Commentry füllte Furchen oder Gruben, die an der Oberfläche weicher Panzerplatten hergestellt worden waren, mit kleinen Stücken von Gusseisen, Spiegeleisen, Ferromangan oder anderen entsprechenden Kohleverbindungen, bedeckte die so hergerichteten Platten mit Sand oder Lehm und erhitzte das Ganze zur Weissgluth.

Man nahm dabei an, dass die eingelegten leichtflüssigen Eisenverbindungen einschmelzen und mit den benachbarten Theilen der weichen Platten je nach Dauer der Erhitzung und Temperatur entsprechende Stahlmischungen geben würde. (Es verlautete aber nichts bezüglich wirklicher Erfolge.)

J. Yates in Rotherham machte ähnliche Vorschläge, die darin bestanden, dass

1. eine Eisen- oder Stahlplatte einerseits bis zum Weichwerden oder Schmelzen erhitzt, dann mit einem netzförmigen Gerippe von Stab- oder Bandeisen bedeckt wird, dessen Intervalle mit genügend hartem Stahl ausgegossen werden sollten. (Dabei wurde angenommen, dass dieser Nachguss sich mit der Grundplattenfläche, nicht aber mit den Zellenwandungen verbinden würde (?!) und anheimgestellt, noch eine schmiedeeiserne Platte darauf zu decken.)
2. in eine Eisen- oder Stahlplatte Furchen von bestimmter Tiefe und Breite eingestanzt und dieselben mit einem härteren Metall ausgefüllt oder die Grundplatten mit den erwähnten Stahlschildern durch Schmelzen oder Schweissen vereinigt werden.

F. E. Thode & Knop in Berlin erhitzen eine Platte aus Schmiedeeisen oder Stahl in einem eigens construirten Schweissofen mit abnehmbarem Gewölbe, lassen auf die erweichte Oberfläche die erforderliche Menge eines in der Bessemerbirne oder einem anderen Ofen gereinigten Eisens oder Stahls auffliessen, heben das Gewölbe des Schweissofens ab und decken bis zur Abkühlung mit einer Deckplatte das Metall ab, um das Ganze in gewöhnlicher Weise weiter zu verarbeiten.

J. D. Ellis in Sheffield macht eine mit einem Rahmen von Schmiedeeisen umgebene Schmiedeeisen- oder Stahlplatte in einem Schweissofen weissglühend und füllt den Rahmen mit geschmolzenem Stahl an, worauf dann die Platte durch Walzen, Hämmern oder mittelst hydraulischer Pressen weiter bearbeitet wird.

Das Princip dieses Verfahrens hat zu wirklichen Resultaten geführt, nur ist die spätere Praxis eine etwas andere geworden.

Ein Verfahren von Rowlinson in Fallbarrow-Windermere, welches zunächst zwei Platten (Schmiedeeisen oder Stahl) mit schmiedeeisernem Rohrstutzen verbindet und dann den Zwischenraum mit Eisen oder Stahl ausgiesst, erscheint etwas fragwürdig, wenn auch späterhin die auszubohrenden Rohre die Einbringung der Befestigungs- und Verbindungsbolzen erleichtern dürften.

Noch später (1883) trat Sibut nochmals mit dem Vorschlag auf, ein Gitter von gekreuzten Eisenstäben mit flüssigem Stahl in einer hinlänglich feuerbeständigen Giessform zu umgiessen (Système cloisonné). Vgl. Echo des Mines et de la métallurgie 1883; Berg- und Hüttenm. Zeitung 1883, S. 301.

§ 876. Von allen den genannten Vorschlägen und noch manchen anderen, die ihnen gleichwerthig zur Seite standen, ist nur das Compound-System von Cammel & Co. in Sheffield zur dauernden Anwendung, seiner günstigen Resultate wegen, gekommen.

Als in Folge der seit den Schiessversuchen von Spezzia 1876 erkannten Unzulänglichkeit der eisernen wie auch der rein stählernen Platten man überhaupt anfing, dem Gedanken an zusammengesetzte Panzer nachzuhängen, hat besonders die Firma Cammel & Co. Versuche angestellt, um zu ermitteln, wie die Panzerplattenwalzstücke zusammenzusetzen wären, um dem Fabrikat die bestmöglichsten Eigenschaften zu sichern.

Diese Versuche führten zum Ziel und es entstand die Compoundplatte der Firma, welche danach bei dem Bau des „Inflexible“ Anwendung gefunden.

Nach den günstigen Ergebnissen weiterer Versuche und nach erfolgter Retablirung der Armee und Marine nach dem Kriege von 1870/71 ging auch die deutsche Reichsregierung dazu über, die Compoundpanzer anzuwenden und die Fabrikation von Panzern im Inlande anzuregen.

Es ist dies ganz besonders das Verdienst des Marineministers von Stosch gewesen, und es gelang ihm auch, die Gesellschaft Dillinger Hütte zur Aufnahme und Durchführung des neuen Verfahrens zu bewegen. Ende des Jahres 1881 (5. December) konnte bereits eine von der Hütte gelieferte Compoundplatte auf dem Kummersdorfer Schiessplatz mit Erfolg beschossen werden (Brix, Stahl und Eisen 1882, S. 63).

Das Verfahren ist im Wesentlichen dem von der Hütte für Deutschland erworbenen Wilson'schen Patent entsprechend und besteht darin, dass zwischen eine starke, als Fundamentplatte bezeichnete Walzeisenplatte und eine dünne, als Decke dienende Platte, welche beide hellrothglühend sein müssen, überhitztes Flammofen-Flusseisen gegossen wird.

Während bei den meisten der im vorhergehenden Paragraph erwähnten Methoden ein Gerippe aus Schweisseisen oder Walzprodukt mit Stahlfluss umgossen wird, umgibt bei der Dillinger Methode das Schweisseisen der Panzerplatte den Stahlvollguss auf zwei Seiten, denselben als stärkere Fundamentplatte einerseits, als dünnere Deckplatte andererseits bedeckend.

Der bis zu Rothgluth abgekühlte Compoundblock gelangt unmittelbar zum Verwalzen unter sehr kräftigen Walzwerken.

Das Verfahren ist im bereits citirten Brix'schen Vortrag genau beschrieben, indem die Herstellung einer Platte von bestimmten Fertigdimensionen zu Grunde gelegt wurde.

Die Walzeisenfundamentplatte (310 mm), nach dem früheren Schweissverfahren (Herstellung mehrfach geschweisster Stäbe und Anordnung derselben in gekreuzter Lage) hergestellt, wird an den Längsseiten mit besonders hergestelltem dicken U-Eisen belegt und dadurch die Seitenwände des vollzugiessenden Raumes geschaffen.

Eine aus weichem Siemens-Martin-Flusseisen durch Walzen hergestellte Deckplatte von etwa 50 mm ist durch Schrauben mit den Seitenstücken und der Grundplatte fest verbunden.

Dieser Aufbau wird in hellglühendem Zustand möglichst rasch derart aufrecht in einen Giesskasten gestellt, dass einerseits eine dicke Hartgussplatte vorhanden ist, an welche die Stahldeckplatte direkt anzuliegen kommt. Der übrige Zwischenraum zwischen dem eingesetzten Zusammenbau und der Blechhülle des Giesskastens wird mit Sand umstampft, während der Giessraum nach unten durch ein Pflaster aus feuerfesten Steinen begrenzt ist, auf dem das glühende Stück direkt aufsteht.

Der Guss erfolgt mittelst fahrbaren Giesskessels aus einem Siemens-Martinofen, in welchem Flusseisenschrot von verschiedenen Werken des Bezirks mit Roheisen und Spiegel unter den gewöhnlichen Vorsichtsmaassregeln eingeschmolzen worden ist. Für die genannten Dickenverhältnisse (der zu füllende Hohlraum hat 125 mm Weite bei ca. 1500—1600 mm Breite und 3 m Tiefe) beträgt die Charge angeblich 5000 Tons, etwa 500 Kilo mehr, als die Raumberechnung ergibt. Es ist ein hoher Grad von Ueberhitzung erforderlich, um das Anschweissen oder Legiren zu bewirken. Durch Versuche wurde früher schon festgestellt, dass der stark überhitzte Stahlfluss die auf dem vorgewärmten Eisen gebildeten Oxydrinden abwäscht und löst, so dass sie unbehindert in die Höhe steigen und nicht zwischen den beiden Theilen der Panzerplatte sitzen bleiben.

Die gewalzte Platte wird später vermittelst besonderer Werkzeugmaschinen genau auf Maass bearbeitet, woran sich oftmals noch ein Biegen der Platten anschliesst.

§ 877. Weitere Details, namentlich betreffs der Herstellung von Platten trapezförmigen Querschnittes, welche folglich an der einen Seite dicker sind als an der anderen, finden sich im gedachten Brix'schen Aufsatz mitgetheilt.

Auch die Dicke der Stahllage im Verhältniss zur Gesammtstärke der Platte wird besprochen, ebenso die Qualitätsprüfung der Panzer.

Jene wird im Allgemeinen auf ungefähr $1/3$ der Totalstärke angenommen, doch ist sie verhältnissmässig dicker bei kleinen, dünner bei grossen Stärkedimensionen, scheint demnach mehr als eine Constante aufgefasst zu werden, was eigentlich ganz richtig ist. Sie schwankt zwischen 3 und $4^1/_2$ Zoll englisch für Platten von 8—14 Zoll Dicke.

Die Qualitätsprüfung behufs Abnahme beruht ausser auf der unausgesetzten Beaufsichtigung des Fabrikationsprocesses auf dem Ergebniss einer gewaltsamen Beschiessung.

Die letztere wird nach Geschützkaliber, Pulverladung, Entfernung etc. so bemessen, dass eine gleichstarke eiserne Panzerplatte glatt durchschlagen würde. Die Compoundplatte darf dagegen das Geschoss nur so weit eindringen lassen, dass die Spitze des Projektils eben an der Rückseite der Platte erscheint.

Der erste der Schüsse, welche ein Dreieck von 27 engl. Zoll Seite einschliessen müssen, darf durchgehende Risse nicht erzeugen; bei den beiden folgenden Schüssen darf dies zwar vorkommen, doch ist ein Zersprengen der Platte unzulässig, sondern dieselbe muss unbedingt noch zusammenhalten.

Ausserdem hat das Material der Stahlschicht, wobei die Proben in Spänen in der Mitte der Schicht genommen werden müssen, eine analytische Controle zu bestehen, und hat man auf Grund der Erfahrungen, die auf dem Schiessplatz mit verschieden zusammengesetzten Panzerplatten gemacht sind, folgende Bestimmungen getroffen.

Der Kohlegehalt, normal auf $0{,}55/_{00}$ festgesetzt, darf nur um $0{,}1/_{00}$ darüber und darunter abweichen, also im Ganzen zwischen 0,45 und $0{,}65/_{00}$ sich bewegen.

Bezüglich des Phosphorgehaltes ist angegeben, dass derselbe sich um nicht mehr als $0{,}25/_{00}$ unterhalb des der Normalprobe halten dürfe, aber absolut geringer sein müsste, wenn der Gehalt an Kohlenstoff den der Normalanalyse überstiege.

Diese Bemerkung ist nicht recht verständlich, da die Höhe des Phosphorgehaltes in der Normalanalyse nicht angegeben ist.

Betreffs des Siliciums, so wird überhaupt nur ein Gehalt von 0,4 als Maximum zugestanden.

Von Interesse für die Technik der Darstellung sind noch die Bestimmungen über die Grösse etc. der zulässigen Schweissfehler etc.

Bezüglich der chemischen Zusammensetzung der guten oder den Vorschriften genügenden Panzerplatten ist noch zu erwähnen, dass die Untersuchung der mit gutem Erfolg beschossenen englischen Platte nachstehende Werthe ergeben hat:

	Stahlplatte:	Eisenplatte:
Kohlenstoff	0,573	0,040
Silicium	0,173	0,117
Mangan	0,617	0,090
Phosphor	0,054	0,165
Schwefel	0,046	0,010
Kupfer	0,026	0,016

Die von Brix gemachten Angaben werden vervollständigt durch spätere Mittheilungen von J. Brink, übersetzt von L. K. Kuzmany (Stahl und Eisen 1885, S. 61), in welchen besonders die Methoden Beachtung finden, welche in Cammel's Cyclop Works und Brown's Atlas Works, beide in Sheffield, Anwendung finden. Es sei auf dieselben verwiesen.

§ 878. Auch F. A. Krupp hat ein Verfahren zum Herstellen von Compoundpanzerplatten angegeben und sich als D. R.-P. No. 25843 schützen lassen.

Bei den im Vorstehenden angegebenen, wesentlich im Aufgiessen von Stahl auf eiserne Grundplatten und weiteren Auswalzen bestehenden Verfahren soll es nicht verhindert werden können, dass im Verlauf des weiteren warmen Verarbeitens der Platten ein grosser Theil des Kohlenstoffes der härteren Schichten in die weicheren Schichten übergeht, dessen Menge mit den Temperaturverhältnissen wechselt.

Jedenfalls werden dadurch die Anforderungen bezüglich eines bestimmten Kohlenstoffgehaltes schwer erreichbar und es geht auch gerade der Zweck der ganzen Arbeit, die Bedeckung des Panzers durch eine schwer angreifbare Schicht, grossentheils verloren.

Krupp will daher zwischen die harten und weichen Schichten der Platten eine dünne Schicht einer Metalllegirung einschweissen, die das Uebertreten des Kohlenstoffes aus den härteren in die weicheren Schichten verhindern oder erschweren soll, und wählt hierzu Nickelbleche, welche beiderseits mit Eisenblechen verschweisst sein sollen.

Die Herstellung denkt sich Krupp entweder in der Weise, dass die betreffende Zwischenplatte als Scheidewand in einer Form aufgestellt und nunmehr auf der einen Seite derselben Stahl, auf der anderen Flusseisen in die Form gegossen werde — oder, dass zuerst auf die eine Seite der fest in eine Form eingestellten Zwischenplatte das eine Material eingegossen werde, dann auf der anderen Seite derselben das andere Material, nachdem die erstarrte Platte mit der geeigneten Temperatur in eine für den zweiten Guss passende Form eingestellt ist.

Will man den Flussstahl auf eine geschweisste Grundplatte aufgiessen, so ist letztere so herzustellen, dass bei der letzten Schweissung die eine Deckplatte (des Packets) durch ein auf beiden Seiten verschweisstes Nickelblech gebildet wird, und giesst später den Flussstahl auf diese Seite.

Zu diesen Vorschlägen ist zu bemerken, dass auch das Nickel Kohlenstoff aufnehmen kann, wie z. B. das aus neucaledonischem Erz in Schachtöfen erblasene Rohnickel Kohlenstoff, als Graphit ausgeschieden, aufweist.

§ 879. Zur Einrichtung der Panzerplattenwalzwerke ist noch anzufügen, dass dieselben stets Kehrwalzwerke sind und der Schwere der Stücke wegen mit vielen mechanischen Hilfsvorrichtungen arbeiten müssen.

Ein berühmtes französisches Panzerplattenwalzwerk (Marrel frères in Rive de Gier), das der Verfasser 1876 besuchte, hatte complicirte Walzgerüste, in denen zuvörderst sehr starke Horizontalwalzen das Stück aufnahmen, streckten und auf der Rückseite zwischen verstellbare Verticalwalzen schoben, welche naturgemäss einen entsprechenden Seitendruck ausübten.

Mit einem riesigen Wagen, der beim Schweissen eine Stange, beim Walzen eine Gabel als angreifendes Glied führte, wurden die 1—1,5 m breiten und 0,5—1 m dicken Packete, aus gekreuzten Stäben zusammengelegt, regiert und geschoben. Die Umsteuerung geschah durch Kuppelungen mit den einfachsten Klauenconstruktionen.

Das Walzwerk lag zu einer Seite eines liegenden Maschinenpaares von im Ganzen 500 bis 600 Pferdestärken, welches gleichzeitig auch eine auf der anderen Seite befindliche Blechstrasse bediente — so zwar, dass alsdann die nächstliegende Maschine für sich arbeitete.

Beim Panzerplattenwalzen wurde das Blechwalzwerk abgekuppelt, die beiden Maschinen aber miteinander verbunden und gemeinsam zum Treiben des Panzerplattenwalzwerkes benutzt.

Ein grosser Ofen mit durchgehendem Heizraum und zwei einander gegenüberliegenden Thüren diente zum Schweissen und Wärmen der Platten.

Ein neuerer Entwurf zu einem Panzerplattenwalzwerk ist von A. Trappen in Stahl und Eisen 1886, S. 575, beschrieben worden. Dasselbe sollte zur Herstellung von Panzerplatten bis zu 10000 Kilo Gewicht und 0,1 m Dicke aus Martinblöcken dienen.

Als schweres Universalwalzwerk (s. 5. Kapitel) mit Walzen von 1 m Durchmesser und 3,200 m Ballenlänge construirt, sollte es ausserdem auf der Vorder- und Hinterseite Verticalwalzen erhalten, die vom Kammwalzengerüst durch Stirn- und Kegelräderübersetzungen angetrieben werden sollten.

Die Druckschraube für die Horizontalwalzen wurde mit einer kleinen Reversirmaschine bewerkstelligt gedacht, die ihre Kraft mittelst Kette auf die Stellvorrichtung überträgt.

Die Bewegung der Walzstücke sollte jederseits des Walzgerüstes durch acht Rollen geschehen, die mit kräftigen Wellen ausgestattet und durch grosse schwere Schrägräder bewegt werden sollten.

Als Hebe-, Wende- und Drehvorrichtungen (horizontal bis 90°) waren hydraulische Presscylinder in Aussicht genommen.

Als Motor sollte eine Reversirmaschine mit 1,2 m weitem Dampfcylinder, 1,25 m Hub und einem Uebersetzungsverhältniss von 1 : 2,5 in den Stirnrädern angewandt werden, welch letztere Winkelzähne erhalten und aus Stahl bestehen sollten.

Unzweifelhaft wird das Martinprodukt dereinst auch bei der Compoundplatte wie bei dem starken Blech das Schweissprodukt vollständig verdrängen.

Es besteht die grösste Wahrscheinlichkeit, dass sich auf einer zähen Flusseisenplatte ein Stahlüberguss viel sicherer haftend wird aufgiessen lassen, als auf einer Schweisseisenplatte.

5. Kapitel.

Einrichtung und Betrieb der Universalwalzwerke.

§ 880. Unter Universalwalzwerken versteht man gewöhnlich solche Walzwerke, welche aus Combinationen von glattflächigen Walzen mit horizontaler und mit verticaler Axe bestehen, so dass

durch wechselnde Einstellung der Walzen verschiedene Profile von rektangulärer Form, Breit- und Flacheisen, hergestellt werden können.

Man bezeichnet aber auch solche Walzwerke als Universalwalzwerke, bei denen ein bestimmtes symmetrisches Profil durch vier Walzen, deren Axen in einer Ebene liegen, hergestellt wird. (Vgl. S. 632, § 685.)

Derartige Walzwerke haben nur ein Fertigprofil, während die eigentlichen Universalwalzwerke eine ganze Reihe von Fertigkalibern der verschiedensten Höhen- und Breitenverhältnisse und zu jedem derselben auch die Vorkaliber zu bilden oder herzustellen gestatten.

Die Universalität, d. h. die allgemeine Anwendungsfähigkeit, ist aber durchaus keine so unbegrenzte, wie sich die meisten Erfinder gedacht haben. Schon die allgemeinen, S. 632 und 633 gegebenen Betrachtungen über die Profilbildung in den Universalwalzwerken lassen erkennen, dass die Anwendbarkeit derselben sich nur in ganz bestimmten Grenzen bewegt, sollen gute, d. h. geschäftlich richtige Resultate erzielt werden.

Aus diesem Grunde wendet man auch das eigentliche Universalwalzwerk nur als Fertigwalze an, um keine zu weitgehenden Stellvorrichtungen haben zu müssen.

Dieses gewöhnliche, zur Herstellung von groben Flachprofilen bestimmte Universalwalzwerk, dessen Construktionsprincip dem wohlbekannten ehemaligen Oberingenieur der Hermannshütte zu Hörde, Reiner Daelen, zu verdanken ist, besteht aus einer Combination von zwei glatten Horizontalwalzen, welche in Lagerung und Abbalancirung genau wie Blechwalzen behandelt sind, und zwei Verticalwalzen (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1864, S. 261).

Die letzteren sind bei den verschiedenen Ausführungen etwas verschieden gelagert, und auch die Bewegungsübertragung vom Walzwerk her hat Wandlungen erfahren.

Bei den älteren Walzwerken dieser Art hatte man den Antrieb der Verticalwalzen von den Krauselständern her durch ein Kammwalzenpaar auf eine auf den Krausel- und den Walzwerksständern aufgelagerte Welle geleitet. In der Mitte des Axenstückes zwischen den Walzwerksständern waren zwei Winkelgetriebe in entgegengesetzter, d. h. symmetrischer Stellung beweglich aufgesteckt, welche in zwei andere, auf den Oberzapfen der Verticalwalzen sitzende Winkelgetriebe dauernd eingriffen. Bei der veränderten Einstellung der Verticalwalzen wurden die Winkelgetriebe auf der Horizontalaxe mit verschoben, um den steten Eingriff zu sichern.

Die Einstellung der Verticalwalzen, welche aus einem relativ kurzen Ballen mit darauf sitzender langer Spindel bestanden (um die hochliegenden Antriebsvorrichtungen zu erreichen), erfolgte durch vier Druckschrauben, die in Vorsprüngen jedes Ständers gelagert und von aussen her durch verschiedene Mechanismen in der Art gleichmässig bewegt werden konnten, dass jede Verticalwalze für sich gestellt wurde. Auch die Führungen vor den Verticalwalzen waren gleichmässig verstellbar.

Dadurch, dass der Antrieb der Verticalwalzen über den Gerüsten angeordnet war und jene durch spindelartige Verlängerungen bis in das Niveau der Ständerköpfe reichen mussten, entstand ein etwas complicirter Aufbau, den man bei späteren Ausführungen ganz erheblich vereinfacht hat.

Auch das von Wagner 1867 zu Paris ausgestellte Universalwalzwerk, welches unter Anderem die ausserhalb der Ständer befindlichen Verticalwalzen mit einer Spindel, die entgegengesetzte Schraubengänge trug und auf Mutterblöcke wirkte, verschob, auch sonst noch verschiedene Eigenthümlichkeiten zeigte, gehört in diese Gruppe von Universalwalzwerken. (Rittinger's Erfahrungen 1867, S. 4.)

Bei der Vereinfachung dieser älteren Constructionen kehrte man zunächst die Anordnung um und brachte die Antriebsvorrichtungen (wie auch z. B. die Zeichnungen des Vereins „Hütte" 1860, 33, 1865, 11 zeigen) der Verticalwalzen unter der Hüttensohle unter, lediglich die Stellvorrichtungen oben hervorsehen lassend.

Dadurch gewann man Platz und für die Einstellungsmechanismen der Horizontalwalzen eine grössere Uebersichtlichkeit.

§ 881. Eine solche vereinfachte Construktion zeigt Fig. 146a, während die Gesammtanordnung sich aus den Figuren 146b in Aufriss und Grundriss leicht erkennen lässt.

Während, wie schon bemerkt, Lagerung, Anstellung und Gewichtsausgleichung der Horizontalwalzen vollkommen den analogen Einrichtungen der Blechwalzwerke entsprechen, ist auch die Lagerung der Verticalwalzen so angeordnet, dass keine erhebliche Veränderung der Ständerform erforderlich war.

Beide Lager der mit nur kurzem Ballen versehenen Verticalwalzen liegen, horizontal verschiebbar, in zwei kräftigen, durch zahlreiche Querleisten versteiften und befestigten Rahmen, die auf Vorsprüngen an den Ständerinnenseiten ruhen und daselbst gut befestigt sind.

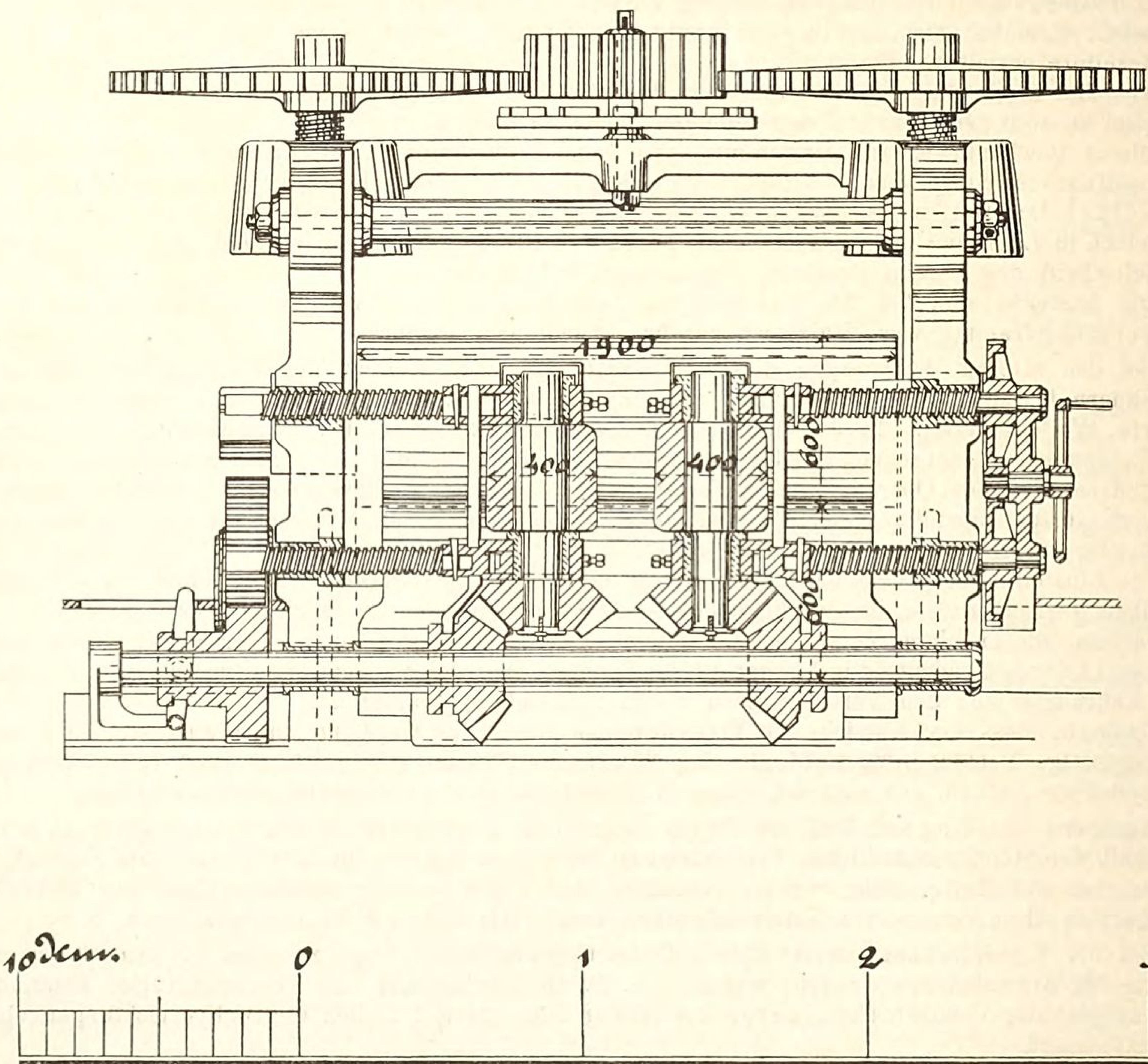
In jedem dieser Rahmen liegen zwei Stellschrauben frei drehbar, deren Muttern in dem Ständer eingelagert sind.

Diese Schrauben greifen mit dem Ende in die Lagerschlitten der Zapfen von den Verticalwalzen ein und bewegen dieselben hin und her, sobald die Schraubenspindeln gedreht werden.

Dieses geschieht von Hand durch eine Getriebeumsetzung ausserhalb des Ständers (welche auf der linken Seite weggelassen ist).

Zur ganz gleichmässigen Bewegung der Lagerschlitten jeder Walze trägt noch ein Stück bei, welches beide Schlitten verbindet. Ebenso ist von dem unteren Lagerschlitten aus ein Fortsatz angeordnet, welcher die Mitnahme der auf einer Welle verschiebbaren Winkelgetriebe bewirkt, so dass der Eingriff der Betriebswelle mit den beiden Verticalwalzen stets gesichert bleibt. Die Betriebswelle

Fig. 146a.



selbst empfängt ihre Bewegung von einem auf dem Zapfen der Unterwalze aufgekeilten Getriebe oder Kammrade aus, in welches ein ein- und ausrückbares Getriebe der Antriebswelle (mit den Winkelrädern) eingreift.

Die ganze Einrichtung ist sehr einfach und unterscheidet sich vortheilhaft von manchen älteren und neueren Vorschlägen, betreffend die Universalwalzwerke. Sie funktionirt noch auf manchen Walzwerken, welche Construktionsmaterial aus Schweisseisen herstellen, und ist empfehlenswerth.

§ 882. Weit complicirter sind einige neuere Constructionen.

E. v. Zweickberg (Jernkontorets Annaler 1879, 1. Heft) ordnet die Verticalwalzen so an, dass sie veränderliche Stellungen vor den Horizontalwalzen einnehmen können, so dass die letzteren in ihrer ganzen Länge benutzbar sind. Dabei ist der Bewegungsmechanismus der Verticalwalzen genau nach der Bewegung der Horizontalwalzen eingerichtet. Die letzteren sind durch Federn abbalancirt (!). (Vgl. Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1879, S. 211, und Kerpely's Berichte 1879/80, S. 385.)

Das Universalwalzwerk von Klomann, für die Herstellung von Brückenhängeschienen ursprünglich construirt, bietet interessante Einzelheiten, namentlich Vorkehrungen zur veränderlichen Einstellung der Walzen während der Arbeit, so dass man Stäbe mit verschiedenen Querschnittsdimensionen darin walzen kann. (Iron Age 1879; Zeitschrift des Steiermärkischen und Kärnthner Vereins 1880, S. 7.)

Es mögen nur erwähnt werden:

Edw. Hutchinson's Universalwalzwerk (Dingler 1881, III, S. 338);
W. Wenström's Universalwalzwerk (ebendaselbst);
A. Flotat's Universalwalzwerk (ebendaselbst).

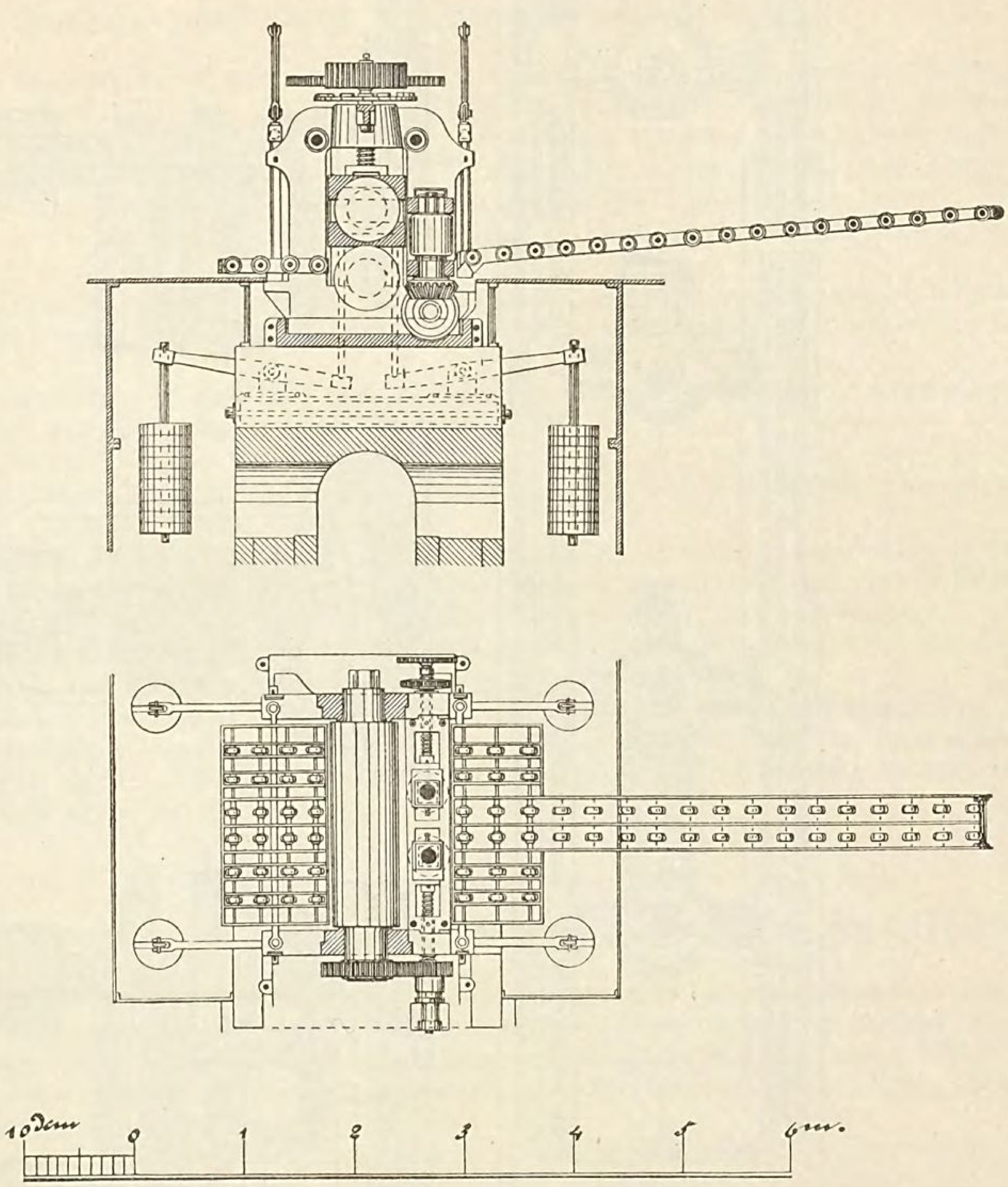
Ed. Daelen liess sich ein Walzwerk mit veränderlich einstellbaren Kalibern patentiren, welches an Stelle des Universalwalzwerkes treten sollte, eine Verbreitung aber nicht gefunden hat (Stahl und Eisen 1883, S. 52). Derselbe machte später Vorschläge, welche die Construktion der Universalwalzwerke betreffen. Er schlägt statt der Anwendung von Verticalwalzen nur Systeme von Horizontalwalzen vor, auf denen durch flanschenartige Hülsen die Kaliberschlüsse gebildet werden (vgl. D. R.-P. No. 14056 und Stahl und Eisen 1883, S. 161).

Zum Anstellen der Walzen bei Blech- und Universalwalzwerken ordnet R. M. Daelen eine Zwillings-Dampfmaschine direkt auf einer der Einstellschrauben an (Stahl und Eisen 1883, S. 335).

Von den neuerdings vielfach als Universalwerke aufgetretenen Walzwerken für Profileisen kann noch wenig die Rede sein, da die meisten dieser Constructionen nicht zur betriebsmässigen Ausnutzung gelangt sind.

Wie ersichtlich, ist es eben nur die Combination von Vertical- und Horizontalwalzen in ein- oder mehrfacher Anordnung, welche hierher gehört, da sie thatsächlich Jahre hindurch Universaleisen, d. h. Flacheisen von bedeutenden Dimensionen, zu Constructionszwecken geliefert hat.

Fig. 146b.



§ 883. Nur einer Combination mag hier ausnahmsweise noch gedacht werden, welche sich an die Construktion der Lauth'schen Walzwerke anschliesst und die Vorzüge derselben für den Betrieb von Universalwalzwerken ausnutzen will.

Es ist das die in Fig. 147 angedeutete Construktion eines Walzwerkes, welche das Eisenhüttenwerk Sclessin in Belgien 1873 in Wien ausgestellt hatte und das in den Berichten über jene Ausstellung sich überall erwähnt findet.

Das gewöhnliche Lauth'sche Dreiwalzensystem, von welchem bei der Blechwalzerei bereits die

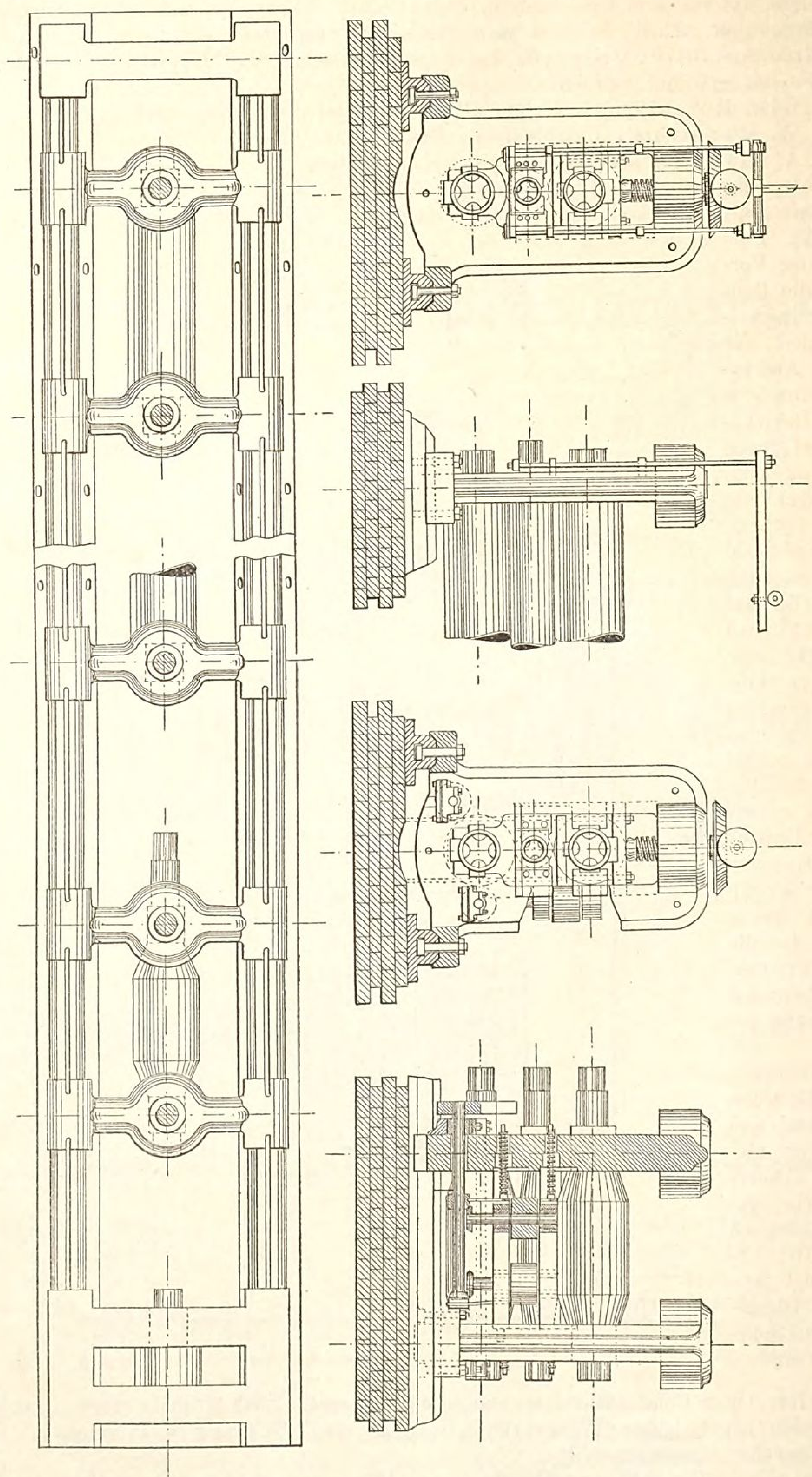


Fig 147

Rede gewesen ist, wurde mit zwei Paaren von Verticalwalzen der Art combinirt, dass einerseits vor dem oberen, andererseits vor dem unteren Durchgang ein solches Walzenpaar in ganz gleicher Weise

verschiebbar angeordnet ist, wie dies bei den Universalwalzwerken bis jetzt besprochen wurde. Die Bewegung überträgt sich mit zwei Axen, welche im Ständer gelagert sind, von dem Zapfen der Unterwalze aus auf die Axen der Verticalwalzen, deren untere Enden mit Konusrädern versehen sind, während gleiche Uebersetzungsglieder auf jenen Axen verschiebbar sich hin und her bewegen, verbunden mit den Lagerböcken der Verticalwalzen durch starke Stäbe.

Die Einstellung der Horizontalwalzen erfolgt in gewöhnlicher Weise, und auch die Aufhängung der mittleren Walze oder Schleppwalze durch zwei Stabrahmen, die an beiden Seiten des Gerüstes heraufgehen und durch ein Querstück verbunden sind, auf dessen Mitte eine Zugstange wirkt, bietet nichts von der Construktion gleichartiger Vorrichtungen Abweichendes.

Es ist nicht bekannt geworden, ob das Walzwerk längere Zeit funktionirt hat; jedenfalls bietet es einiges Interesse wegen der eigenartigen Combination zweier fruchtbar gewesenen Principien.

6. Kapitel.

Einrichtung und Betrieb sonstiger Walzwerke.

§ 884. In dieses Kapitel fallen alle auf dem Princip der Walzwerke beruhenden Betriebsvorrichtungen, welche besondere Aufgaben, die von dem allgemeinen Verfahren abweichen, zu lösen, bezw. zu erledigen haben. Sobald es sich nicht mehr um die Herstellung einfacher Stäbe handelt, sobald die Umformung des Materials zur fertigen Waare nicht mehr mit offenen oder geschlossenen Kaliberreihen von kreisförmigen Flächenelementen geschehen kann, sobald endlich Hilfsvorrichtungen eintreten müssen, um die Arbeit vollenden zu helfen, entstehen Einrichtungen, welche aus dem Rahmen des gewöhnlichen Walzwerksbegriffes treten.

Das Walzen ringförmiger Körper, oft auch endlose Stäbe etc. genannt, gehört hierher; es sind keine geraden Stäbe und Platten mehr, sondern Hohlkörper, welche allerdings beiderseits der Druckebenen offen sind.

Radreifen, Kesselrohre, Ringe aller Art erfordern derartige Einrichtungen, welche meist mehr oder minder complicirt und daher theuer sind.

Die Herstellung von Stücken ungleichen Querschnittes im Verlauf der Länge gehört ebenfalls hierher; derartige Dinge fallen allerdings oft mehr in das Gebiet der mechanischen Technologie als in das der eigentlichen Eisenfabrikation.

Wenn endlich Profile zu walzen sind, die nicht vollständig zwischen zwei oder mehr Walzen von gleichmässiger Form hergestellt werden können, so wird vielfach eine Hilfsvorrichtung angewandt, um auf dem an sich fertigen Stab irgend einen Eindruck hervorzubringen.

Ausserdem gehören in dieses Kapitel alle auf specielle Walzmethoden sich beziehenden Betriebsverhältnisse, z. B. der Betrieb der Kaltwalzwerke, der neueren Walzmaschinen u. a. m.

Es sind auf diesem Gebiete allerlei Neuerungen aufgetreten, welche vielfach in einem Zustand des Versuches oder doch einseitiger Anwendung sich befinden und daher zur Sammlung von Erfahrungen wenig Veranlassung gegeben haben. Die Zahl der wirklich bedeutsamen und wichtigeren Betriebe ist daher nur klein und die Anwendung beschränkt.

Radreifenwalzwerke.

§ 885. Den S. 675 gegebenen Andeutungen über den Gang der Fabrikation der Radreifen ist wenig nachzutragen.

Das endlose Eisen, wie man diese Klasse von Fabrikaten genannt hat, wird immer noch auf Kopfwalzwerken in einem, meistens aber zwei verschiedenen Kalibern dargestellt, welche durch stetige Einstellung sich verändern und dadurch die Streckung und Umgestaltung des unter Hämmern vorbereiteten rohen Ringes zu einem bestimmt profilirten Reifen von dem genau dem verlangten Maass entsprechenden inneren Durchmesser bewirken.

Dieses letztere Resultat kann nur durch sehr genaue Arbeit erreicht werden, da nur, wenn die Radreifen bei gleicher Temperatur das Walzwerk verlassen, das Schwindmaass ein gleiches und die Dimensionen des kalten Profils sowie des Durchmessers bei allen Stücken identisch werden.

Man hat deswegen die Walzwerkssysteme, ohne die ursprünglichen Principien zu verlassen, immer mehr vereinfacht und auch genauer gebaut, sowie kräftiger, um in einer Hitze sicher fertig zu werden.

Alle hierher gehörigen Apparate, sowohl die mit horizontalen, als die mit verticalen Axen, haben hydraulische Einstellung, d. h. die eine der beiden Walzscheiben wird mittelst hydraulischer Druckkolben der anderen genähert, ohne die Rotation zu unterbrechen, welche durch Dampfmaschinenantrieb geschieht.

Der hydraulische Cylinder eines älteren Werkes ist cylindrisch-sphärisch ausgebohrt und hat etwa 370 mm Weite bei 355 mm Kolbendurchmesser. Die gesammte Länge des Innenraumes einschliesslich der Stopfbüchsenzone beträgt 530 mm und das Wasser tritt durch eine Bohrung in der Axe des Cylinders in denselben.

Bei den Walzwerken mit horizontalen Walzenaxen steht die ganze Druckanordnung unter dem Lager der Unterwalze, während sie bei verticalen Walzenaxen liegend und gleichfalls in der Axenebene der beiden Kaliberscheiben angeordnet ist.

Die bewegliche Scheibe oder Rolle ist meist als Schleppscheibe construirt und wird mitgenommen, sobald sie an das Walzstück angedrückt ist. Es ist dies gewöhnlich die innere (glatte) Seite des Reifens und sie presst deshalb in gleichmässiger Vertheilung das Material in die Furchung der anderen Walzenscheibe ein, welche festgelagert ist und von der Maschine mittelst kräftiger Radübersetzung bewegt wird.

Bei Walzwerken mit horizontalen Axen allein ist die hydraulisch bewegte Walze nicht immer Schleppwalze, da bei hinlänglicher Verlängerung der Axen es möglich erscheint, Krauselwalzen aufzustecken. Die untere Axe wird aber dann an dem ruhenden Ende in einer Kugelschale zu lagern sein. (Vergl. die von A. Petzholdt in seinem Eisenbahnmaterial Taf. XXII gegebene Zeichnung des alten Reifenwalzwerkes von Seraing.)

Diese Walzwerke mit horizontalen Axen waren als Vor- und als Vollendwalzen vorhanden, erforderten aber wegen der leicht eintretenden Unrundung ein Centrirwerk, wobei eine grössere Anzahl von Segmentstücken durch hydraulischen Druck gegen die glatte Innenfläche des noch rothwarmen Reifens gedrückt wurde.

Man ging deshalb vielfach von der Anwendung horizontaler Axen ab und arbeitete auf Walzwerken mit Verticalwalzen. Das früher erwähnte Kaliberwalzwerk von Tannet, Walcker & Co. in Leeds, welches als Vor- und als Fertigwalzwerk dient und daher zwei Kaliber besitzt, von denen bald das eine, bald das andere arbeitet, je nach Hebung des Tisches, auf dem der Reifen oder das Walzstück liegt, war eins der älteren, aber verbreiteten Systeme.

§ 886. Man ging aber doch vielfach auch davon ab und benutzte besondere Vor- und Vollendwalzwerke, wobei bald beide, bald nur das Vollendwalzwerk mit verticalen Axen, im letzten Fall das Vorwalzwerk mit horizontalen Axen betrieben wurden.

Die letzte Combination ist jetzt noch bei vielen Anlagen im Gang und namentlich auf belgischen Stahlwerken bevorzugt.

Man walzt auf Kopfwalzen mit halb geschlossenem Kaliber vor bis zu einer gewissen Stärke und geht direkt mit dem Walzstück zum Vollendwerk über, welches dann nur eine Profilirung hat und möglichst tief in, oder nur wenig über der Hüttensohle liegt.

Zur besseren Führung, bezw. zur Stauchung laufen die Reifen noch zwischen zwei Paar Glattrollen durch, welche die Frontseiten bearbeiten. Ausserdem werden sie noch durch von Hand verstellbare Rollen innen und aussen geführt, um genau gerundet zu werden.

Durch selbstthätige Messapparate schaltet man die Bewegung aus, sobald die Walzwaare die erforderliche Grösse erlangt hat.

James Munton in Maywood (Illinois) hat in neuerer Zeit die Walzenanordnung etwas verändert. Er bearbeitet, wie die seitherigen Reifenwalzwerke, das Profil wesentlich mit einem Walzenpaar, in welchem die die Lauffläche bearbeitende Walze angetrieben wird, während die Innenseite des Kranzes durch eine glatte, radial bewegliche Schleppwalze gebildet wird.

Der Stellung dieses Walzenpaares etwa entgegengesetzt liegen zwei den Reifen äusserlich führende, radial bewegliche Walzen, welche ebenfalls geschleppt werden, sobald der Reifen sie berührt.

Ein drittes Walzenpaar mit horizontalen Axen wirkt in der Nähe des eben beschriebenen, führenden Walzenpaares auf die Frontflächen des Reifens und ist ebenfalls radial verschiebbar.

Von diesen beiden Walzen ist die untere mit doppelt so langem Ballen versehen wie die obere und wird angetrieben und angestellt, während die obere als Schleppwalze entworfen ist.

Es wird behauptet, dass durch eine solche Disposition der Horizontalwalzen der Radkranz nicht allein auf genauen inneren und äusseren Durchmesser, sondern auch auf genauen Querschnitt ausgewalzt werden könne (D. R.-P. No. 43328; Stahl und Eisen 1888, S. 546).

Eine weitere Ausbildung derselben Principien enthalten die Nordamerikanischen Patente 416797 und 416798, welche James Munton im Vereine mit Charles H. Ferry in Chicago (Illinois) genommen hat.

Mittelst dieses Walzwerkes soll man nicht allein einen grösseren Radreifen durch Verdichtung des Materials auf einen kleineren Durchmesser, sondern auch einen kleineren Radreifen auf grösseren, überall gleichen Durchmesser auswalzen können (Stahl und Eisen 1890, S. 891).

Bezüglich des Reifenmaterials, so hat das Flusseisen, d. h. der Flussstahl, die früheren Schweisseisen- und Schweissstahlbandagen vollständig verdrängt und besonders wurde der Bessemer-Flussstahl sehr geeignet dazu befunden.

Bezüglich des Einflusses der chemischen Zusammensetzung auf die Eigenschaft der Radreifen hat P. Zetzsche auf dem Hüttenwerk Kulebaki im Gouvernement Nischnej-Nowgorod diesbezügliche Untersuchungen angestellt und veröffentlicht, auf welche hier verwiesen werden muss (Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1884, S. 521).

Räderwalzwerke.

§ 887. Auch einzelne Räderarten sind auf Walzwerken dargestellt worden, sobald sich ihre Gestalt einigermaassen dazu eignete.

Bekannt ist die Räderwalzerei, wie sie lange Zeit in dem Walzwerk Pümpchen bei Eschweiler sowie an vielen anderen Orten geübt worden ist. Es waren dies Scheibenräder mit Nabenblöcken, die man unter Flachwalzen mit eingedrehtem, etwas gerundeten Quadrat- oder Oblongkaliber unter fortwährender Drehung aus vorgerichteten Blöcken herstellte.

Es waren die Nabenkaliber ungefähr von der Form der Skizze 22 (untere Hälfte) der Texttafel B dieses Bandes.

E. Leaby in Kentishtown stellte ebenfalls Eisenbahnräder in Form von Scheiben her, welche mit der Axe (?) aus einem Stück Eisen und im Ganzen gearbeitet sein sollten. Es wurde das Stück vorgeschmiedet und dann ausgewalzt; unter der Bezeichnung Axe wird wohl die Nabe zu verstehen sein.

Das Verfahren ist sehr genau beschrieben im Praktischen Maschinen-Construkteur 1870, S. 265, und bestand wesentlich aus zwei Operationen:

1. der Herstellung der Scheibe durch Schweissen und Ausschmieden unter einem Dampfhammer mit Gesenken;
2. dem Auswalzen.

Demnächst folgten die Arbeiten des Façonirens und Lochens, das Aufschweissen des äusseren Ringes zur späteren Aufnahme des Reifens, sowie das Abdrehen und Ausbohren nach den Vorschriften der Eisenbahnverwaltungen — alles Vorgänge, welche den Walzprocess nicht mehr interessiren.

Ein Packet aus gewöhnlichen Luppeneisenstäben (von ca. 300 mm Länge und 10—14 mm Dicke), kreuzweise gelegt, erhielt zwei Deckel von 30 mm Dicke, die nach allen Seiten 40 mm vorstanden, und wog dann 250—260 Kilo.

Dieses Packet, gut erhitzt, wurde unter dem Dampfhammer zusammengeschweisst und zu einem Cylinder von 250 mm Höhe und 400 mm Durchmesser ausgeschmiedet. Das Gewicht war durch Verschlackung und Abbrand auf etwa 230—240 Kilo reducirt.

Dieser scheibenförmige Cylinder wurde in zwei Hitzen unter dem Dampfhammer zu einer linsenförmigen Scheibe ausgeschmiedet, welche auf beiden Seiten in der Mitte einen Wulst von 210 mm Gesammthöhe (von einer Oberfläche zur anderen gemessen) und etwas mehr Durchmesser hatte, während die Scheibe selbst am Wulste 75 mm, am gerundeten Rande 40 mm Dicke und etwa 500 mm Durchmesser hatte.

Diese Scheibe gelangte in ein Walzwerk der oben gedachten Art und wurde bis auf ca. 26 mm aber schwach konisch ausgewalzt, was man dadurch bewirkte, dass die obere Walze entsprechend konisch abgedreht war, die untere cylindrisch. Dadurch wurde jede ungleiche Breitung und auch jede Wellung der Scheibe vermieden.

Auch wurde vermieden, das Nabenkaliber auf das Walzstück drücken zu lassen; es wurde zur Vermeidung von Brüchen hinreichend hoch ausgedreht.

§ 888. In neuerer Zeit sind verschiedene Patente zum Auswalzen von Stahlscheibenrädern genommen worden, von denen hier einige erwähnt werden sollen.

Ein Patent (England No. 13740, 26. Oktober 1886) von H. W. Fowler in Chicago (Illinois) schlägt vor, Gussstahlscheibenräder gleich nach dem Guss zwischen zwei kalibrirten Hartwalzen, die sich um verticale Axen drehen, durch Druck in dem Kranz zu verdichten. Das Gussrad erhält deshalb ein trapezoidales Kranzprofil, ähnlich wie der vorgeschmiedete Radreifen (Stahl und Eisen 1888, S. 270).

Theodor W. Beau in Norristown (Pa.) schlägt vor, Scheibenräder in der Art zu walzen, dass zwei kalibrirte Kegelwalzen von nahezu gleicher Grösse die Naben-, Scheiben- und Kranzstirnflächen jederseits ausbilden, während eine dritte Walze, als Scheibe gestaltet, die Lauffläche formt.

Alle drei Arbeitsflächen bilden schliesslich ein geschlossenes Kaliber. Die Axen der Kegelwalzen schneiden sich in einem Winkel von ungefähr 60°, liegen aber in einer Verticalebene. Die Axe des Laufflächenwalzrades dagegen ist vertical gelagert.

Es ist nicht hervorgehoben, in welcher Weise das Aus- und Einstellen der Walzen stattfindet, doch anzunehmen, dass die Kegelräder in verticaler, die Scheibe in horizontaler Richtung beweglich sind (Patent No. 361479 der Vereinigten Staaten; Stahl und Eisen 1888, S. 483).

Ein in construktiver Beziehung sehr interessantes Walzwerk, gleichfalls zur Herstellung von verdichteten Laufflächen an Gussstahlscheibenrädern bestimmt, haben R. Bagaley und William Hains-

worth in Pittsburg (Pa.) sich patentiren lassen (Patent No. 379754 der Vereinigten Staaten; Stahl und Eisen 1888, S. 778).

Das als Horizontalwalzwerk construirte Werk hat drei um 120⁰ im Kreis gegeneinander verstellte Walzen, welche, gleich kalibrirt, Lauffläche und einen Theil beider Stirnflächen des Rades einschliessen. Zwei davon ruhen in festen Lagern, während die dritte durch einen Wasserdruckcylinder radial verstellbar ist.

Gegenüber dieser den Druck hauptsächlich ausübenden Walze befinden sich zwei wagerechte Schleppwalzen, welche die Stirnflächen der Räderkränze fassen und drücken.

Diese beiden Schleppwalzen sind in Lagern gelagert, die als Theile eines um feste Drehpunkte beweglichen doppelarmigen Hebels construirt sind, an dessen anderen Enden Zugstücke sich anschliessen, welche in dem Kopf einer hydraulischen Kolbenstange sich vereinigen.

Beide Schleppwalzen werden dadurch wie die Backen oder Klauen einer Zange einander genähert, bezw. voneinander entfernt, sobald der hydraulische Kolben nach dem Walzwerk zu, bezw. von demselben ab sich bewegt.

Beim Drücken von Blechgeschirren bedient man sich bekanntlich ähnlicher, mit Stahlrollen in den Klauen versehener Instrumente.

Interessant ist noch die Herstellung flusseiserner Wagenräder mittelst einer eigenthümlichen Walzenstrasse durch die Continental Rolled Steel Car Wheel Co. in Norristown (Pa.).

Es sind in diesem von Iron Age 1889 (8. August) abgebildeten Walzwerk vier Kegelwalzen und zwei Spurkranzwalzen miteinander combinirt, um unter Drehung des Walzstückes die Räder herzustellen. Näheres ergibt sich aus der Besprechung in Stahl und Eisen 1889, S. 978.

Ein Räderwalzwerk, ebenfalls mit vier Kegelrädern, hat Benjamin F. Ritterhouse in Norristown (Pa.) sich patentiren lassen (Amerikanisches Patent No. 412415).

Das auf einem feststehenden kantigen Dorn aufgekeilte, gegossene Scheibenrad wird von dem Kegelrädersystem, das sich dem Dorn concentrisch auf zwei Supports, einem oberen verstellbaren und einem unteren in einer Höhenlage nur drehbaren bewegt, bearbeitet. Der obere Support mit seinen beiden Kegelrädern wird mit Druckwasser gestellt und gegen das Rad gedrückt.

Die Lauffläche wird wie gewöhnlich durch zwei dem Aussenumriss entsprechend profilirte Walzen mit verticaler Axe bearbeitet (Stahl und Eisen 1890, S. 641).

Walzwerke für andere ringförmige Körper.

§ 889. An die in Früherem geschilderten Einrichtungen zur Herstellung sogenannten endlosen Eisens lassen sich diejenigen anschliessen, welche ähnliche Gebilde mit mehr röhrenartigem Querschnitt herstellen. Namentlich die Technik des neueren Kesselbaues sowie andere verwandte Industriezweige bedürfen oft derartiger theils glatter, theils gewellter oder sonst zur Erlangung grösserer Steifheit in der Form veränderter Produkte.

Besonders bekannt sind die seit über 10 Jahren hergestellten Fox'schen Feuerrohre, welche die Firma Schulz, Knaudt & Co. in Essen selbst darstellt und verarbeitet.

Das Schweissverfahren ist wenig bekannt geworden und soll mit Wassergas geschehen. — Aehnliche Verfahren sind im Folgenden zusammengestellt, ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben.

John Windle empfiehlt z. B. zur Herstellung von Ringen ohne Naht für Dampfkessel ein von ihm construirtes Walzwerk, das im Aufbau dem alten Tannet'schen Radreifenwalzwerk ähnlich sieht und ebenfalls mit stehenden Walzen arbeitet.

Die eine etwas stärkere Walze ist festgelagert, während die andere dünnere Walze horizontal hin und her geschoben werden kann, ohne ihre verticale Stellung zu verlieren. Sie ist als Schleppwalze construirt und in gewissem Sinn auch als Kopfwalze. Ihr unterer Zapfen ist ungewöhnlich fest gelagert, indem er nicht allein an zwei Stellen durch Schalenlager umschlossen wird, sondern am Ende auch noch in einem Fusslager ruht.

Der obere Zapfen ist auch mit einem Lager versehen, doch liegt dasselbe in einem Querstück eines hebelartig beweglichen Rahmens, dessen Bewegung durch ein Gegengewicht am anderen Hebelarm erleichtert wird.

Ist dieses Lager hochgehoben, so lässt sich das in irgend einer Weise vorbereitete cylindrische Hohlstück überstreifen. Man drückt die Schleppwalze durch zwei hydraulische Kolben an die den Antrieb der Maschine erhaltende festgelagerte grössere Walze an und die Arbeit beginnt.

§ 890. Ein grossartiges Walzwerk für solche Zwecke ist in Barrow erbaut und eingerichtet worden und zwar in der Art eines Reifenwalzwerkes.

Die Maximaldimensionen der Ringe erreichen 4,88 m Durchmesser bei 1,22 m Höhe. Das ganze Walzwerk wiegt 300 Tons und ruht auf einer Fundamentplatte von 11 m Länge und 5,2 m Breite bei 90 Tons Gewicht.

Die Walzen haben dabei 560 mm Durchmesser und 1,22 m Länge; ihr Antrieb geschieht von der Maschine aus durch Winkelzahnräder von 12 Tons Schwere.

Die Antriebsmaschine wiegt 140 Tons, macht 100 Touren pro Minute und liefert nöthigenfalls 1000 Pferdekräfte Arbeit (Revue universelle 1886; Kosmann 1886, S. 284).

Specielle Einrichtungen hat später S. Fox in Leeds seinem Verfahren, der Herstellung von Wellrohren, insofern gegeben, als er beim Wellen der geschweissten Rohre die Schweissstelle nicht mehr mit wellte, sondern in den Wellrippen des Walzwerkes Nuthen anbrachte, welche die Schweissstelle aufnehmen sollten.

Die Walzen sind durch Getriebe verbunden und werden, wie bei dem später zu erwähnenden Wellwalzwerk von V. Daelen, in dem Maasse einander genähert, als die Wellen sich dem Material tiefer eindrücken.

Wegen der ungewellten Schweissstelle, d. h. um dieselbe nicht zu verrücken, lässt man die Walzen entsprechend vor- und rückwärts gehen (D. R.-P. No. 34538; Dingler 261, S. 156).

Bezüglich der Blechumformung durch Walzwerke sind zu erwähnen:

Will. Arnold's (Barnoley) Walzwerk zur Herstellung fass- oder tonnenförmiger Schüsse für Dampfkessel (D. R.-P. No. 39061; Stahl und Eisen 1887, 510; Dingler's Journal 265, S. 541).

A. Wulff in Berlin hat zur Herstellung von Längswellen in solchen fassartig ausgebauchten Flammofenschüssen ein Walzwerk angegeben, wobei eine massive und eine mit radial beweglichen Theilen versehene Walze miteinander arbeiten, damit die Wellen nicht mit einem Male, sondern nach und nach entstehen (D. R.-P. No. 40688; Stahl und Eisen 1887, S. 888).

J. G. Lawrie hat ein Walzwerk für ringförmige Stücke ohne Nuth construirt, um daraus quergewellte Kesselschüsse herzustellen. Die obere der gewellten Walzen ist in Ständern gelagert, deren Säulen sich auseinanderspreizen wie die Füsse eines Dampfhammergestelles, um den Lagerböcken der Unterwalze Raum zu geben. Der eine dieser Lagerböcke ist auf der Sohlplatte verschiebbar, um das Walzstück über die Walze streifen zu können und kann dann genau befestigt werden.

Eine dritte, ebenfalls gewellte oder geriffelte und verstellbare Walze wirkt auf die Aussenseite des Stücks, ohne einen wirklich umformenden Druck auszuüben. Dies letztere geschieht allein von der Oberwalze, welche mit kräftigen Druckschrauben gestellt wird.

Die kleine Walze muss beim Grösserwerden des Durchmessers naturgemäss ebenfalls gestellt werden. (Dingler's Journal 264, S. 476.*)

Die Fairnley Iron Co. hat endlich Flammofen mit spiralförmigen Wellen, 3 m lang, 1,72 m Durchmesser hergestellt, die sich als sehr widerstandsfähig gezeigt haben sollen. (Dingler's Journal 265, S. 551.)

§ 891. Im weitesten Sinn gehören in diese Gruppe von Walzwerkseinrichtungen auch die Einrichtungen zum Walzen von Schutzreifen für Fässer, wie sie z. B. Landsberg in Posen und Feige in Liegnitz sich haben patentiren lassen.

Das als No. 47184 geschützte Walzwerk und Biegewerk arbeitet mit vier Walzenpaaren, von denen das erste die Form —⌣— des Reifens auf dem eingesteckten Flacheisenstabe vorbereitet, die dann vom zweiten Walzenpaare noch ausgetieft und gestaucht wird.

Durch das Passiren des dritten Walzenpaares wird der eine Flansch des Reifens für sich allein nochmals gestreckt, wodurch eine Konicität des fertiggebogenen Stückes vorbereitet ist. Diese Fertigbiegung erfolgt im vierten Walzenpaare, in welches der schräg oder einseitig gestreckte Stab unmittelbar eintritt. Alle Walzen haben stehende Wellen bis auf das letzte, dessen Wellen leicht geneigt sind. Beim Aufbiegen im letzten Walzenpaare hilft noch eine profilirte Rolle mit, deren Axe naturgemäss auch schräg gelagert ist. (Stahl und Eisen 1889, S. 618.)

Walzwerke zur Herstellung von Stücken ungleichen Querschnittes im Verlauf der Länge.

§ 892. Es ist bereits S. 677, § 749 von dem Arbeitsverfahren die Rede gewesen, welches Stücke ungleichen Querschnittes im Verlauf der Länge liefert.

Was die Einrichtungen anlangt, die zur Ausführung der gedachten Arbeitsprocesse erforderlich sind und was endlich den Betrieb selbst betrifft, so sind die an gedachter Stelle gemachten Andeutungen durch Nachstehendes zu ergänzen.

*) Auf das Wellblechwalzwerk von V. Daelen (D. R.-P. 19940) sei hiermit der Analogie wegen hingewiesen. Dasselbe hat abnehmbare Formringe auf beiden Walzen.

Was zunächst die zur Räderfabrikation erforderlichen Speichen- und Kranzstärken anlangt, so ist Einrichtung und Betrieb der Walzwerke von denen der gewöhnlichen Flachstäbe nicht zu unterscheiden. Es muss nochmals der Satz betont werden, dass die Fertigstellung in einem Kaliber zu geschehen hat, damit die kleinen Querschnitts- und namentlich Stärkeänderungen in keiner Weise durch nochmaliges und eventuell falsches Einstecken unklar werden können.

Ebenso unterscheiden sich die Anlagen und der Betrieb einzelner neuerer Schwellenwalzwerke mit veränderlichen Querschnitten des Produktes in keiner Weise von den entsprechenden Verhältnissen der regelmässigen Schwellenstrassen.

Was endlich die Herstellung konischer, pyramidaler oder Stabformen anlangt, so sind auch hier die generellen Einrichtungen und die Betriebsführung die gleichen wie für entsprechend starkes Stabprodukt. Daher sind der Mittheilungen über derartige Einrichtungen nur wenige.

In Wien 1873 hatte ein Franzose Hyacinthe Vigour zu Charleville (Ardennendep.) ein Walzwerk für Stäbe mit theils quadratischem, theils rundem Querschnitt im Modell eingesandt, welches zur Herstellung von theils quadratischem, theils rundem und konischem Eisen bestimmt und nach dem Princip der Universalwalzwerke construirt war, in der Art, dass die Horizontalwalze quadratische, die Verticalwalzen aber runde Kaliber besassen. Die Verticalwalzen erschienen, soviel an dem etwas mitgenommenen Modell wahrnehmbar, leicht verschiebbar. Musterstäbe liessen die ungleichmässigen Querschnitte erkennen. (Dürre, Wiener Bericht, S. 196.)

Gewöhnlich verfährt man nicht in der ebengeschilderten Weise, sondern gravirt genau die halbe Form des Stabes in jedes Fertigkaliber hinein, wobei natürlich unförmliche Endstücke abfallen.

Man ist in neuester Zeit dazu übergegangen, Kaliber für einfachere Eisenformen, z. B. für konisches Eisen, durch maschinelle Hilfsmittel auf die Walzen zu bringen, bezw. darin einzugraben.

W. Lorenz in Karlsruhe (Baden) hat sich z. B. unter No. 49090 (1. December 1888) ein Verfahren patentiren lassen, Walzen mit unregelmässigen, entweder im Kreise oder in Schraubenlinien verlaufenden Kalibern zu versehen.

Er benutzt kegelförmige Fräser, die zuerst radial in eine vorgedrehte Nuth der Walze eingeführt, während des langsamen Drehens der Walze aber in eine mehr oder weniger der Tangente zur Walze sich nähernde Lage gebracht werden, wodurch die vorgedrehte Nuth mehr oder weniger breit oder tief ausgearbeitet wird.

In einem später unter No. 49313 patentirten Apparat ist der konische Fräser durch einen cylindrischen ersetzt, welcher von einer Welle getragen wird, deren eines Endlager fest liegt, während das Wellenende selbst durch ein Kugelgelenk beweglich erhalten wird.

Das andere Ende der Fräserwelle ist in einem Lager untergebracht, welches sich auf einer Scheibe radial verschieben lässt, so dass die Axe der Fräserwelle beim Drehen der Scheibe in einer mehr oder minder spitzen Kegelfläche rotirt.

Ebenso bildet das arbeitende Flächenelement des Fräsers in der vorgedrehten Walzennuth eine mehr oder minder spitze Kegelfläche aus. Man kann deshalb auch zwei Walzen gleichzeitig mit dem betreffenden Kaliber versehen.

Ein Zusatzpatent (No. 50063) vom selben Datum, ersetzt die konisch bewegliche Fräse durch einen geriffelten Konus oder einen Spiralbohrer von gröberem und feinerem Schnitt. (Vergl. Stahl und Eisen 1889, S. 1047 und 1890, S. 151.)

§ 893. Unter die Apparate, in welchen Stücke von ungleichem Querschnitt durch ein Walzverfahren hergestellt werden können, gehört auch noch die Metallwalzmaschine von Simonds, über welche in Stahl und Eisen 1888, S. 255 nach den Iron Age zuerst berichtet worden ist.

Das Princip der Maschine ist die Anwendung von zwei parallelen, senkrecht in entgegengesetzter Richtung auf- und niedergehenden Platten, zwischen welchen auf äusseren Unterstützungsplatten aufruhend das Walzstück drehbar gehalten wird.

Der technologische Vorgang ist derselbe wie bei einem zwischen den hin- und hergehenden Handflächen zu einem Körper stänglicher oder wurstartiger Form umgestalteten Kloss plastischer Masse.

Dadurch, dass man der Innen- oder Arbeitsfläche der Druckplatten durch Aufschieben verschiedener, mit Erhöhungen, bezw. Vertiefungen versehener Walzplatten ein bestimmtes Relief gibt, kann man das ursprünglich cylindrische Walzstück in ein solches mit konischen, wulstartigen und sonstigen Flächentheilen verwenden.

Die Platten sind gegeneinander einstellbar, ebenso ist zum Auswechseln der Druckplatten eine geeignete Hebevorrichtung eingerichtet.

Der Erfinder beabsichtigte die Anwendung des Systems auf die Herstellung von Wagenaxen für Bahnen, von Spindeln und Wellen aller Art, selbst konische Geschosse und Kugeln auszudehnen.

In welcher Weise die Walzstücke vorbereitet werden sollen und ob dieselben kalt oder warm zur Behandlung gelangen, darüber verlautet in der gedachten Mittheilung nichts — nur wird erwähnt, dass eine derartige Walzmaschine von der Simonds rolling Co. zu Boston auf ihrem Werke zu

Fitchbury (Mass.) in Betrieb gesetzt worden sei, gute Resultate gegeben habe, auch dass in London eine Gesellschaft zur Ausbeutung der Simonds'schen Patente mit 150000 ℒ oder 3 Millionen Mark zusammengetreten sei.

Eine spätere Mittheilung in Stahl und Eisen 1889, S. 27 berichtet, dass die Simonds'schen Fabrikate in der Zwischenzeit Gegenstand eingehender Untersuchungen des bekannten Franklin Institute gewesen sei und dass der Bericht dieser Vereinigung, November 1888, sich wesentlich auf den Betrieb einer Maschine stütze, welche auf den Werken von Will. Sellers & Co. in Philadelphia aufgestellt sei.

Die die Maschine verlassenden Arbeitsstücke kommen, nach dem Untersuchungsbericht, bezüglich der Genauigkeit der Form und der Abmessungen den Erzeugnissen der Drehbank nahe.

Auch wird das Material hinsichtlich seiner Zähigkeit ausserordentlich verbessert, was auch dadurch indirekt aufgeklärt wird, dass sich bei angestellten Aetzversuchen eine mehr oder minder starke Windung und Krümmung der einzelnen Sehnen, doch keine Unterbrechung durch Zerreissung etc. gezeigt habe.

Diese Verbesserung brachte die auffällige Erscheinung zu Wege, dass Bolzen aus Schweisseisen sich ebenso fest auf der Zerreissmaschine zeigten als solche aus Stahl. Bei der Untersuchung der letzteren zerrissen sogar relativ mehr als bei denen aus Schweisseisen.

Eine bildliche Zusammenstellung zeigt die Mannigfaltigkeit der durch das Verfahren herstellbaren Formen. Leider fehlen bei dem Bericht alle Angaben über den Gang der Herstellungsweise und die Kosten der Druckplatten, die für jedes Modell ausgewechselt werden müssen und deren Anfertigung offenbar schwierig ist. Ebenso fehlt jeder Anhalt über die Leistungsfähigkeit der Walzmaschine, die an sich ja vollkommen geeignet scheint, überall Interesse zu erwecken.

Walzwerke für Profile, die sich nicht vollständig zwischen zwei Walzen auswalzen lassen.

§ 894. Die hierher gehörigen Vorrichtungen sind nicht zahlreich, da man nur im Nothfall dazu greifen wird und nur dann, wenn alle Versuche, mit zwei Walzen durchzukommen oder besser gesagt, jedes Kaliber auf zwei mit einander arbeitenden Walzenflächen unterzubringen, gescheitert oder aussichtslos geblieben sind.

Am auffälligsten und gleichzeitig auch durchgeführtesten erscheint die Sache ganz besonders bei den von vielen Walzwerken gelieferten Rillenschienen für Trambahnen. Dieselben haben auf dem Kopf der Schiene eine Spur oder Rille, in welcher ein entsprechender Wulst der Radfläche läuft, und diese Spur oder Rille muss mit besonderen Walzen auf dem vollendeten Stab eingewalzt werden, da der sonst einzige Weg, die Benutzung eines entsprechend gestalteten Stauchkalibers, immer wieder die Anwendung eines liegenden Kalibers erfordern würde, um den Schienensteg absolut gradflächig zu erhalten. Man hilft sich daher in verschiedener Weise:

Die Société anonyme etc. du Nord et de l'Est de la France zu Trith St. Léger hat sich schon vor mehr als 10 Jahren ein Verfahren patentiren lassen, welches in der Anwendung zweier, das letzte Fertigkaliber wiederholender Kopfwalzen besteht, mit welchen eine seitlich angelegte, die Rille profilirende Scheibenwalze combinirt ist, welche entweder vom Walzstück mitgenommen wird oder durch Zahnräder ihre Bewegung erhält.

Die Aktiengesellschaft Phoenix zu Laar bei Ruhrort benutzt den vorher angedeuteten Ausweg und bereitet die Rille in mehreren Stauchkalibern des gewöhnlichen Trios vor.

Um dieselbe dann auf das genaue Maass zu bringen, ist neben dem Fertigkaliber ein Einbaustück zwischen dem Mittel- und Unterwalzenlager in den Ständern angebracht, welches eine Stahlrolle trägt, deren Aussenwand genau in das Profil des letzten Kalibers eingreift und die vorgewalzte Rille ausweitet und zu gleicher Zeit glättet.

Diese Rolle oder Scheibe ist gewöhnlich ohne besonderen Antrieb und wird vom Walzstück mitgenommen. Die Einstellung und der Halt der Rolle geschieht durch starke Stellschrauben in kräftigen Bügeln, die an den Walzenständern befestigt sind. (Dingler's Journal 1880, IV, S. 23 u. 197.)

Bei einem Rillenschienenwalzwerk, welches der Hörder Berg- und Hüttenverein sich hat patentiren lassen (D. R.-P. 44637. Stahl und Eisen 1888, S. 63), liegen die Schleppwalzen oder die Rillenscheiben zwischen den Hauptwalzen und werden von zwei Lagern gehalten, die in geeigneter Weise an den Ständern befestigt sind.

Das Walzwerk ist ein Trio und die eine Rillenscheibe liegt zwischen Unter- und Mittelwalze, die zweite zwischen Mittel- und Oberwalze am Fertigkaliber.

Die Walzen enthalten noch zwei unsymmetrische Vorkaliber, die genau übereinander liegen, so dass die Profilirung der Mittelwalze beiden gemeinsam ist. Es finden somit vier Durchgänge des auf einem Vorwalzwerk entsprechend vorbereiteten Stabes statt.

§ 895. Ein ganz anderes Princip für den Aufbau eines Rillenschienenwalzwerkes hat die Bochumer Stahlindustrie adoptirt.

Dieses Werk hat alle auf das Einwalzen der Rillen sich beziehenden Theile in einem besonderen Ständer vereinigt und somit ein Fertigwalzwerk gebildet (D. R.-P. No. 29970). Die Schiene ist in einem gewöhnlichen Walzwerk auf die ungefähre Fertiggestalt ausgewalzt und gelangt alsdann in das Fertigwalzwerk. Letzteres besteht aus einer angetriebenen, wagrecht liegenden glatten Unterwalze, welche die Schienenfussfläche bildet, ferner aus einer, die Rillenfeder tragenden, profilirten, ebenfalls angetriebenen und wagrecht liegenden Oberwalze (beide mit Kuppelungsspindeln und Krauseln verbunden), endlich aus zwei Seitenwalzen mit verticalen Axen, welche die durchgehende Schiene von der Seite fassen oder vielmehr von derselben gefasst werden, da sie als Schleppwalzen construirt sind.

Die Unterwalze und die Seitenwalzen liegen fest, die Oberwalze kann durch Stellschrauben und Brechbacken angestellt werden. Um die gegenseitige, beim Betrieb bleibende Einstellung von der Mittel- und der Unterwalze zu bewirken, werden Zwischenkeile angewendet.

Ein Zusatzpatent (No. 47254) änderte späterhin die ganze Einrichtung um. Die die Rille einwalzende Scheibe wurde Schleppwalze, während die Seitenwalzen von einer höher liegenden Triebaxe aus mit Winkelräderübersetzung, die unterste auch noch zur Darstellung von Schienen mit umgebogenen Fussrändern entsprechend umgeänderte Walze durch direkte Kuppelung wie früher angetrieben wurde.

Ein Zusatz unter No. 47257 ordnete auch den Antrieb der Rillenwalze von der oberen Triebaxe durch Stirnräderübersetzung an. (Vergl. Stahl und Eisen 1885, S. 218 und 1889, S. 619.)

Die vorstehenden Angaben genügen, um das Princip solcher Walzwerke mit zusätzlichen Hilfsvorrichtungen zu charakterisiren.

Sonstige, zur Erreichung besonderer Zwecke oder für specielle Fälle construirte Walzwerke.

§ 896. Wie bereits wiederholt in Vorstehendem angedeutet werden konnte, hat man im Bedarfsfall stets den Versuch gemacht, auch Eisenwaaren von complicirter Form durch Walzwerkseinrichtungen in grösserer Menge und dann billiger zu produciren. Die meisten dieser Werkzeuge und Apparate finden aber in der Metallindustrie selbst Verwendung, wobei dann das Fertigprodukt der Eisen- und Stahlwerke Material wird und nach besonderen Eigenschaften gewählt wird, die dann auch oft dem Producenten vorgeschrieben werden.

Betrachtet man z. B. den Betrieb der Fabriken, welche sich mit der Herstellung von gestanzten, bezw. gedrückten Blechwaaren abgeben, etwa zum Zweck späterer Emaillirung, so findet man eine grosse Anzahl von Einrichtungen, welche dem Walzwerk sehr nahe stehen. Es gibt dabei Zangen mit kleinen Stahlrollen in den Klauen, welche zum Furchen, Umbörteln oder Umkrempeln theils von Hand, theils von Maschinen gehalten etc. benutzt werden.

Das Material zu diesen und anderen Arbeiten, die in gewöhnlicher Temperatur vorgenommen werden, ist gewöhnlich ein weicher Martin- oder Thomasstahl, und verträgt die stramme Behandlung anscheinend sehr gut.

Man wird nach dem Gesagten solche Einrichtungen in ein Buch wie das vorliegende kaum aufnehmen können, was an sich kaum die vollständige Erörterung der zum Eisenhüttenbetrieb integral gehörigen Einrichtungen und Anlagen enthalten kann.

Vielleicht gehört hierher ein Walzwerk für Gewindeeisen, das R. M. Daelen beschreibt. (Stahl und Eisen 1883, S. 499. Dingler 1883, IV, S. 497.)

§ 897. Von ganz anderer Wichtigkeit und zu den besonderen Zwecken dienenden Walzwerken unzweifelhaft zu rechnen, sind dagegen die zum Kaltwalzen des Eisens dienenden. Sie unterscheiden sich im Bau etc. zwar nur wenig von den Einrichtungen zur Herstellung derselben Profile in warmem Zustand, müssen aber immerhin als Apparate besonderer Art angeführt werden.

Bereits 1871 machte Dr. Klüpfel (Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1871, S. 50) von einem Verfahren Mittheilung, welches er bei Jones & Laughlins in Pittsburgh (Pensylv.) gesehen.

Das zu verschiedenen Zwecken, wie Axen, Wellen, Beschlägen, Gittern etc., bestimmte Rund- und Flacheisen wurde nach erfolgter Herstellung in gewöhnlichen Walzwerken in Säurebäder gebracht und dann in Kalkbädern die Säure neutralisirt. Sauber abgerieben werden sie dem Kaltwalzwerk zugeführt und passiren dasselbe Kaliber sehr häufig (bis 25 Mal) unter fortwährender geringer Drehung nach jedem Durchgang.

Später werden die Stangen eingefettet und gerichtet. Das letztere geschieht zuerst mit Holzhämmern, um gröbere Biegungen zu beseitigen, dann auf Richtbänken, wo sie auf beweglichen Rollenschlitten genau controlirt und mittelst einer ebenfalls beweglichen Schraubenpresse an den einzelnen Stellen gerichtet werden. Die letzte Vollendung geschieht auf Drehbänken, wo auch das Abschneiden auf genaues Maass stattfindet.

Der Schwerpunkt der ganzen Fabrikation ist genaue Arbeit, weniger Anlagekapital, da sich die Vorrichtungen nach und nach vermehren lassen.

James Robertson in Glasgow construirte später ein Walzwerk zum Kaltwalzen, Richten und Poliren der Rundstangen, das sich in der Revue universelle 1874, S. 187 und danach in Dingler's Journal beschrieben findet (213, S. 12).

Es wird dabei aber ohne Caliber gearbeitet und mit den Stirnflächen zweier Kopfwalzen, die in verschiedener Höhe und unter einem geringen Winkel gegeneinander eingelagert sind.

Im Grunde sieht man sich der Anwendung desselben Princips gegenüber, welches Robertson bei seiner Luppenquetsche benutzt hat (vergl. § 751, S. 677), mit dem Unterschied, dass die Arbeitsfläche nicht konisch und gerippt, sondern eben und glatt ist. Man erkennt unschwer das Urbild eines der Kögel'schen patentirten Walzwerke darin, das, wo die rollenden Theile Scheiben mit nicht parallelen Flächen sind (vergl. § 752, S. 678). Durch allmäliges Anrücken der mit Stahlscheiben armirten Walzenköpfe gegeneinander, entstehen auch konische Walzprodukte, Stangen, die an einem Ende dünner als am anderen sind.

Ein zur Appretur gewalzten Rundeisens auf der Kirkstall forge bei Leeds angewandter Apparat, der das aus dem eigentlichen Walzwerk rothwarm austretende Eisen fasst, kann hier angeschlossen werden, abschon er kein wirkliches Kaltwalzen ausführt.

Zwei schief übereinander gelegte und gegeneinander rotirende Walzen mit nicht cylindrischen, sondern nach einem Rotationshypoboloïd geformten Oberflächen erfassen den Stab, drehen ihn und schieben ihn gleichzeitig vorwärts, wodurch sowohl eine Entfernung des Glühspans, als auch ein Runden und Geradrichten erfolgt. (Journal of the Iron and Steel Inst. 1877. Dingler 1877, I, S. 109.)

Reese empfiehlt zum Kaltwalzen des Rundstahles eine Vorrichtung aus einer Anzahl Walzenpaaren, parallel hintereinander gelagert, bestehend, welche ebenfalls nicht parallelaxig arbeiten.

Der Stab wird durch die etwas complicirte Einrichtung gleichzeitig gedreht und in seiner Längsrichtung bewegt. (Dingler's Journal 1882, I, S. 458.)

§ 898. Nach einem Bericht von J. G. Fréson über das Kaltwalzen in Nordamerika, begreift diese Industrie verschiedene Abarten in sich.

Man unterscheidet das eigentliche Kaltwalzen (cold rolling) von dem Kaltziehen (cold drawing). Beide geben sehr genaue Querschnitte und so glatte Oberflächen, dass eine weitere Bearbeitung überflüssig erscheint.

Die eintretende Querschnittsverminderung, welche nach Angaben von Holley zwischen 8 u. $25/_{00}$ schwankt, scheint allein aus einer Verdichtung des Stoffes herzurühren, da die Längenzunahme der Querschnittabnahme nicht entspricht. Das kaltgestreckte Metall lässt sich deshalb stärker beanspruchen, nur ist die geringere Dehnungsfähigkeit ein Hinderniss weiterer Verwendung.

Fréson macht besondere Angaben über die Geschichte des Verfahrens, welches u. a. auch in Sclessin bei Lüttich versucht und wieder aufgegeben worden sein soll und erst in Amerika nach dem Patent von C. Lauth (1851) in die Praxis wirklich eingeführt worden ist.

Jones & Laughlins haben jährlich ca. 6000 Tons kaltgewalzte Fabrikate bei einer gesammten Jahresproduktion von 50000 Tons hergestellt.

Ausserdem beschäftigt sich seit 1884 die Cambria Iron Co. in Johnstown (Pennsylv.) mit dem Kaltwalzen und liefert runde, quadratische und flache Stahlstäbe mit Dimensionsgarantien bis $\frac{1}{1000}$ engl. Zoll.

Wilmot & Hobbs Co. in Bridgeport erzeugen kaltgewalzte Stahlbänder bis 180 mm Breite und 90 m Länge.

Brown & Co. in Cleveland (Ohio) produciren Feinbleche, indem sie die rothglühenden Sturze durch Dampf abkühlen und dann durch das Walzwerk gehen lassen, wodurch dieselben schöne blaue und nicht weiter oxydirende Flächen bekommen.*)

Die Norway Steel and Iron Co. bewirkt die Verdichtung und Politur von Eisen- und Stahlstäben durch cold drawing. Der hierzu angewandte Apparat, von Geo. H. Billings construirt, besteht aus einem hinlänglich grossen hydraulischen Cylinder, dessen Kolben an seinem hervorragenden Stangenende einen schlittenartigen Kopf trägt, in welchem das zu ziehende Stück durch Keileinsätze befestigt wird, nachdem es mit dem entsprechend verdünnten Ende durch das Zieheisenloch gesteckt worden.

*) Das 1890 erschienene Directory to the Iron and Steel Works of the United States gibt auf S. 147 u. 148 Details von diesen Werken, wonach eine Firma Mahoning Works, Brown, Bonnell & Co. heisst, während eine andere Mahoning Valley Works von zwei Mrrs. Bonnell und Mr. Brown geleitet wird. Die letztere macht als Specialität „Akme" (polirte Wellen), ausserdem auch Feinbleche neben anderer Waare — alles gepuddeltes Eisen.

Von den anderen Firmen des Fréson'schen Berichtes erwähnt das Directory nur die Cambria Iron Co., deren durch den bekannten Thalsperrenbruch von Johnstown, 1889 zerstörtes Stahlwerk Gautier Steel Departement of C. I. C. theilweise wieder aufgebaut ist und 3000 Tons kaltgewalzten Stahl jährlich liefert, bei 45000 Tons Totalproduktion.

Es ist die Praxis des Drahtziehens auf grosse Verhältnisse angewandt und daher mit Hilfe sehr starker Faktoren ausgeübt. Das Zieheisen ist von bestem Mushetstahl. Der Stab selbst wird wiederholt durchgezogen, wobei die Gesammtabnahme von $^1/_{16}$ bis $^3/_{16}$ Zoll schwankt; für 1 Zoll Durchmesser soll sie $^1/_8$ Zoll betragen. Das Material ist entweder aus schwedischem Eisen gepuddeltes Schweisseisen oder Flammofeneisen (Flusseisen) mit 0,18 Procent Kohlenstoff.

Aus dem Angedeuteten geht hervor, dass das frühere Monopol von Jones & Laughlins*) gebrochen ist, auch sollen die Preise sehr nachgelassen haben.

Fréson erwähnt noch der Versuche, welche R. H. Thurston in Hoboken über die Festigkeit der kaltgewalzten Produkte gemacht hat.

Ein Glättwalzwerk für Rundeisen hat sich John Farmer in Pollockshields (Renfrewshire) patentiren lassen (England No. 3913). Behufs Oberflächenglättung und Verdichtung wird das auf einem durch Wasser gekühlten Block frei aufliegende Rundeisen zwischen zwei in gleicher Richtung sich drehenden Walzen behandelt. Durch Schränkung der Walzen kann ein Vor- und Rückgang des Rundeisens statthaben, was zur Glättung beiträgt (cf. Mannesmann; Stahl und Eisen 1889, S. 238).

*) American Iron and Steel Works, Jones & Laughlins limited, erbaut 1852. Totalproduktion 200000 Tons Eisen und Stahl, ausser einer grossen Menge Nägel.

Anhang zum vierten Abschnitt.

Uebersicht der unmittelbar zum Walzwerksbetrieb etc. gehörenden Vollendungswerkzeuge.*)

§ 899. Es ist schon wiederholt auf das Vorhandensein solcher Vorrichtungen hingewiesen worden, welche dazu dienen, die aus den Walzen hervorgehenden Stücke so weit zu vollenden, dass sie direkt nach der Ablieferung in Gebrauch genommen werden können.

Dieses Vollenden oder Fertigmachen der Walzwerksprodukte zerfällt erfahrungsgemäss in verschiedene Stadien.

Zunächst erfordert der Betrieb selbst und seine ganzen Umstände eine Reihe von ergänzenden, zusätzlichen Arbeiten, ohne die seine Leistung eine gehemmte, unvollständige sein würde.

Man bedarf z. B. in jedem Walzwerk der Scheeren zum Zerschneiden der Rohschienen und anderer Elemente der Schweisseisenpackete, der Scheeren und Sägen zum Theilen von Blöcken aus Flusseisen; dann hat man Scheeren und Sägen nothwendig, um die unförmlichen Enden der fertiggewalzten Stäbe zu entfernen und sie als Abfälle wieder in den Betrieb zurücknehmen zu können.

Endlich sind Vorrichtungen nothwendig, um aus grossen Längen eine Reihe gleichlanger Stücke zu schneiden, z. B. bei Schwellen, Laschen u. dergl.

Vielfach müssen die Stücke, wenn sie beschnitten sind, gerichtet werden, welches warm und auch kalt geschehen kann.

Manche Walzstücke müssen in bestimmt gebogenen und gestauchten Formen geliefert werden, z. B. die neueren Schwellenprofile, manche Trägerformen etc. zum Strecken- und Schachtausbau der Gruben.

Endlich verlangt man bei vielen in bedeutender Stückzahl aufgegebenen Walzprodukten, namentlich im Bereich des Eisenbahnoberbaues, z. B. bei Schienen, Laschen, Unterlagplatten, allerlei zusätzliche Arbeiten, Lochen, Nuthen und Einklinken etc., alles Arbeiten, die eigentlich nicht mehr zum Betrieb gehören, da z. B. eine ungelochte Schiene immerhin eine fertige Waare ist — die man aber gern übernimmt, wenn sich dieselbe Leistung ins Grosse wiederholt und wenn man geschäftliche Vortheile davon erwartet.

Das sehr zahlreiche Material gliedert sich deshalb am besten nach folgender Eintheilung:

Scheeren,
Sägen,
Stauch- und Richtmaschinen,
Sonstige Vollendungswerkzeuge.

Von den Scheeren.

§ 900. Die im Betrieb der Walzwerke gebrauchten Scheeren sind verschieden gebaut, je nach dem Zweck, dem sie dienen.

Dieser Zweck ist einmal das blosse Zerschneiden von Eisen, z. B. zum Bilden von Materialpacketen, dann das Beschneiden der Fertigfabrikate, endlich das theilende Zerschneiden fertiger Stäbe der Länge nach zu Schneideisen.

*) Dem ursprünglichen Plan entgegen, wurden hier einige der wichtigeren Vollendungswerkzeuge vereinigt, anstatt dieselben den einzelnen Walzwerksanlagen anzufügen.

Für kleinere Schnittflächen bedient man sich der der gewöhnlichen Handscheere nachgebildeten Gelenkscheeren, welche dann so angeordnet werden, dass die eine Schnittkante oder das eine Scheerblatt festliegt und das andere sich dagegen bewegt.

Die in den Fig. 148a und 148b dargestellte Luppenscheere zeigt eine der gebräuchlichsten Anordnungen solcher Apparate.

Die erstgenannte Skizze stellt den Ständer der Scheere dar, welcher sehr compakt aus Gusseisen hergestellt ist und eine ziemlich lange und breite Sohlplatte besitzt, die aus Gründen der Zweckmässigkeit besonders nach der Seite des Kraftarms der Scheere etwas reichlicher ausgebildet ist.

Das eigentliche Scheerblatt, auswechselbar und aus hartem Stahl gefertigt, ist mit drei Schrauben in einem Ausschnitt der einen Ständerwand befestigt; die Schneide ist vollkommen gerade, d. h. horizontal, hat eine leichte Zuschärfung (zwischen 45 und 90° zu wählen), um das Eindringen der Schneide in das Werkstück zu erleichtern.

Die Scheere selbst, d. h. das bewegliche Scheerblatt, sitzt an dem kürzeren Arm eines Hebels, welcher balancirartig ausgebildet und wesentlich aus Gusseisen hergestellt ist, dessen Bruchfestigkeit für die leichteren Schnitte vollkommen ausreicht.

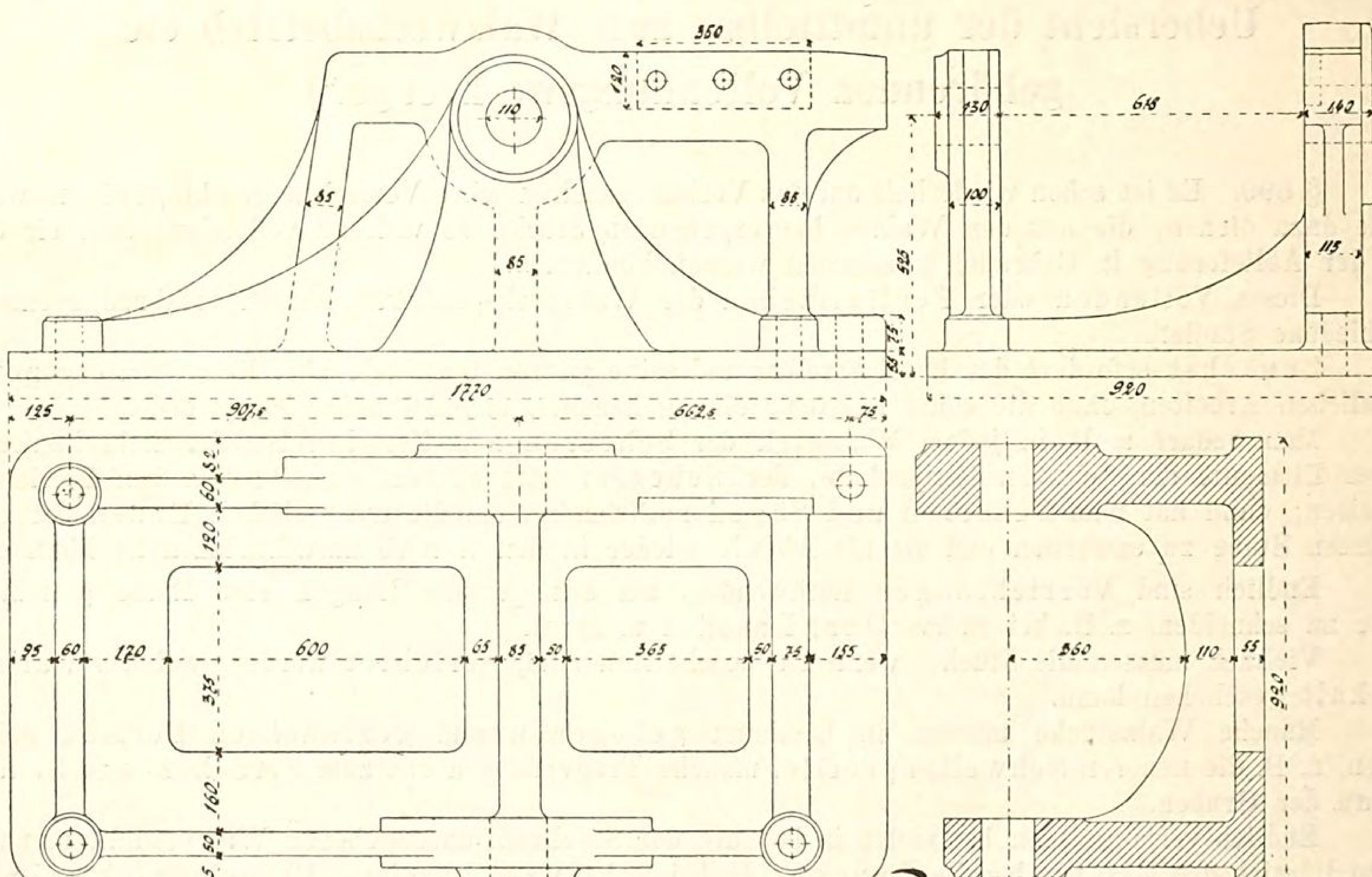


Fig 148a

Aus der Skizze Fig. 148b ersieht man, dass der längere Hebelarm 2 m beträgt, während der kürzere (bis zur Mitte des Scheerblattes gemessen) etwa 400 mm beträgt, woraus sich das Verhältniss 1:5 ergibt.

Am anderen Ende des längeren Hebelarmes wirkt eine Treibstange, die mit irgend einer Antriebsaxe des Walzwerkes in Verbindung steht oder ihre eigene Betriebsmaschine hat. Letztere Anordnung ist besonders dann zu empfehlen, wenn die Scheere vorübergehend stärkere Eisensorten schneiden muss, die eine höhere Scheerfestigkeit haben.

Ausser der hier mitgetheilten Bauart sind noch manch' andere beliebt worden; der bewegliche Theil ist oft als Winkelhebel gestaltet und wird dann der Einbau so gemacht, dass das längere Hebelende in einer tiefen Grube herabreicht und durch eine wagerecht oder schwach geneigte Schubstange bewegt wird. Auch Excenter, auf denen das mit Rollen versehene längere Hebelstück aufruht und beim Schneiden emporgedrückt wird, sind in Anwendung gewesen. (Vgl. von Hauer, Hüttenmaschinen, S. 576 u. ff., sowie die ältere Literatur.)

§ 901. Die auftretenden Widerstände und Kräfte bei einer solchen oder einer anderen Gelenkscheere sind charakterisirt in H. Fischer's Mechanischer Technologie (6. Auflage des K. Karmarsch'schen Werkes, Bd. I, S. 359 u. ff.).

Der Vorgang ist danach so, dass ein Werkstück, welches zwischen zwei feste Kanten gelegt ist, bei der Bewegung der einen Kante gegen die andere oder auch beider gegeneinander, wobei die Kanten in einer Ebene bleiben müssen, zunächst Eindrücke beiderseits erfährt, bis in dem ungetrennten Theil die Spannung so weit gewachsen ist, dass schliesslich und zwar plötzlich der Bruch erfolgt.

Der Widerstand, welcher hierbei zu überwinden ist, entspricht der vorhin erwähnten Scheerfestigkeit und ist im Augenblick des Bruches, sobald der Bruch in ganzer Länge der Bruchfläche gleichzeitig stattfindet, gleich dem Produkt aus der Scheerfestigkeit und dem Querschnitt des abzuscheerenden Werkstückes.

Die **Scheerfestigkeit** wird gemessen durch die Einwirkung dreier harter Stahlflächen, die bei Verfolgung ihres Weges dicht aneinander vorbeistreifen, auf ein Versuchsstück.

Die mittlere Fläche wird gegen die beiden Nachbarflächen oder umgekehrt so verschoben, dass die beiden äusseren Flächen stets in gleicher Höhe sich finden. Auch spannt man das Versuchsstück einseitig ein und führt die scheerende Kante sehr nahe über der Einspannstelle hinweg.

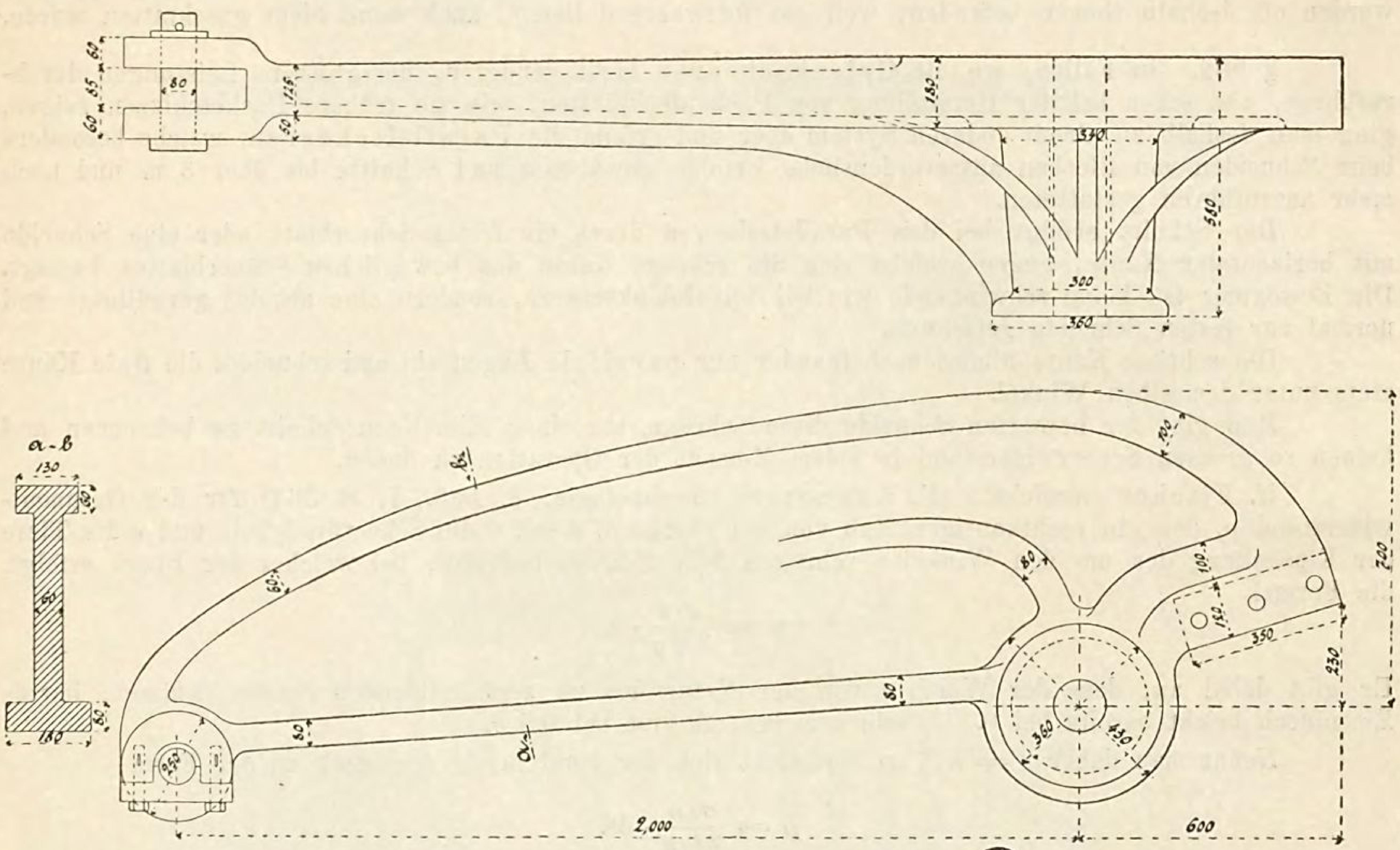


Fig 148 b

Man hat durch derartige Versuche gefunden, dass die Scheerfestigkeit in Kilo per Quadratmillimeter beträgt:

für Schmiedeeisen in Stab- und Blechform, kalt . 39,0,
„ dasselbe, rothwarm 8,3,
„ Stahl, hart bis weich, kalt 54,0—37,0.

Vergleicht man die bekannten Werthe für die Reissfestigkeit damit, z. B.

für Schmiedeeisen in Drahtform . . 59— 77,8,
„ Stahl 51—101,8 (in kaltem Zustand),

so sieht man, dass die Abscheerungsfestigkeit zwischen 50 und $66/_{00}$ der Zugfestigkeit beim Eisen schwankt, beim Stahl aber ziemlich gleich auf $53/_{00}$ angenommen werden kann. (Vgl. Versuche über den Schnittwiderstand der Scheeren von A. Vavra in Prag, Oesterreich. Zeitschrift 1883, S. 628 u. ff.)

Bei Bemessung von Construktionen rechnet man gewöhnlich $75—80/_{00}$ der Zug- oder Reissfestigkeit als Scheerfestigkeit und wird gut thun, auch für Construktionen von Scheeren ein so hohes Verhältniss zu adoptiren.

Freilich ist ja zu beachten, dass die Scheere nicht gleichzeitig für den ganzen Querschnitt in Anspruch genommen ist, wonach der Kraftverbrauch pro Zeiteinheit sich richtet; für jeden Schnitt aber sind obige Verhältnisse unbedingt zu Grunde zu legen.

von Hauer gibt als erforderliche Kraft für 25—40 Schnitte pro Minute bei Grobeisen oder Rohschienen 4—6 Pferde an, sagt aber bezüglich der Betriebskraft noch, dass sich dieselbe kaum berechnen liesse.

Es wäre z. B. ein Fehler, wollte man die Arbeitsgrösse pro Schnitt gleich dem Produkt aus dem oben angegebenen Widerstand gegen das Abscheeren und dem von der beweglichen Schneide gemachten Weg setzen, da jener grösste Widerstand wahrscheinlich nur durch sehr kurze Zeit vorhanden sei.

Auch der mittlere Widerstand könne nicht verlässlich angegeben werden, obschon er sicherlich nur ein Theil des grössten sein wird.

Noch ist zu bemerken, dass die Gelenk- oder Backenscheeren nur für Rohschienen, Flacheisen u. dgl. Verwendung finden, überhaupt nur zu kürzeren Schnitten gebraucht werden können.

Die älteren, in Verbindung mit einer sonstigen Betriebswelle befindlichen derartigen Apparate wurden oft deshalb theuer befunden, weil sie fortwährend liefen, auch wenn nicht geschnitten wurde.

§ 902. In Fällen, wo die Gelenkscheeren nicht genügten, um grössere Leistungen durchzuführen, und schon bei der Herstellung von Packetdeckplatten, wie sie frühere Packetskizzen zeigen, ging man deshalb zu einem anderen System über und erfand die Parallelscheeren, welche besonders beim Schneiden von Blechen ausserordentliche Erfolge gewährten und Schnitte bis über 3 m und noch mehr auszuführen gestatteten.

Der Schnitt erfolgt bei den Parallelscheeren durch ein festes Scheerblatt oder eine Schneide mit horizontaler Kante, gegen welche sich die schräge Kante des beweglichen Scheerblattes bewegt. Die Bewegung ist keine schwingende wie bei der Gelenkscheere, sondern eine absolut geradlinige und normal zur festen Schneide gerichtete.

Die schräge Kante nimmt nacheinander nur parallele Lagen ein und schneidet die feste Kante stets unter demselben Winkel.

Man gibt der bewegten Schneide diese Schräge, um einen allmäligen Schnitt zu bekommen und keinen so grossen Scheerwiderstand in jedem Moment der Operation zu finden.

H. Fischer entwickelt (K. Karmarsch, Technologie, 6. Aufl., I, S. 364) für den Gesammtwiderstand p, den ein rechtkantiger Stab von der Stärke δ, wenn σ die Scheerfestigkeit und e die Tiefe der Einsenkung des um den Winkel η schrägen Scheerblattes bedeutet, bei welcher der Bruch erfolgt, die Formel

$$p = \frac{\sigma \cdot \delta}{2\,tg\,\eta} \cdot e.$$

Er gibt dabei an, dass der Werth e von der Natur des zu zerschneidenden Stoffes abhängt; hartes Eisenblech bricht bereits bei 0,1 δ, sehr weiches oft erst bei 0,5 δ.

Nennt man daher $e = n\,\delta$, so verändert sich der vorstehende Ausdruck zu der Form

$$p = \frac{\sigma \cdot n}{2\,tg\,\eta} \cdot \delta^2.$$

von Hauer führt Versuche von Eastwood an, welche ergeben hätten, dass bei denselben Flachstäben (2,6 × 8 cm) der Widerstand gegen das Abscheeren um $^1/_4$ kleiner gewesen sei, wenn eine Schneide von $^1/_8$ Steigung anstatt einer wagerechten angewendet wurde. Der Unterschied macht sich um so mehr bemerkbar, je grösser die Breite der Stäbe im Verhältniss zur Stärke ist.

Zu weit darf man mit der Abschrägung nicht gehen, weil sonst die Schneide das Werkstück bei Seite schiebt oder drückt und auch die Hubhöhe leicht zu gross wird. Daher wird bei sehr langen Schneiden, z. B. für Kesselbleche, die Abschrägung der beweglichen Schneide noch geringer genommen als $^1/_8$ und geht oft auf $^1/_{16}$ zurück.

Dadurch wird es möglich, mit einem geringen Hub (15—25 cm) auszukommen und auch den Bewegungsmechanismus leichter auszuführen.

Bei der Berechnung der einzelnen Theile nimmt man zweifache Sicherheit gegen Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze an.

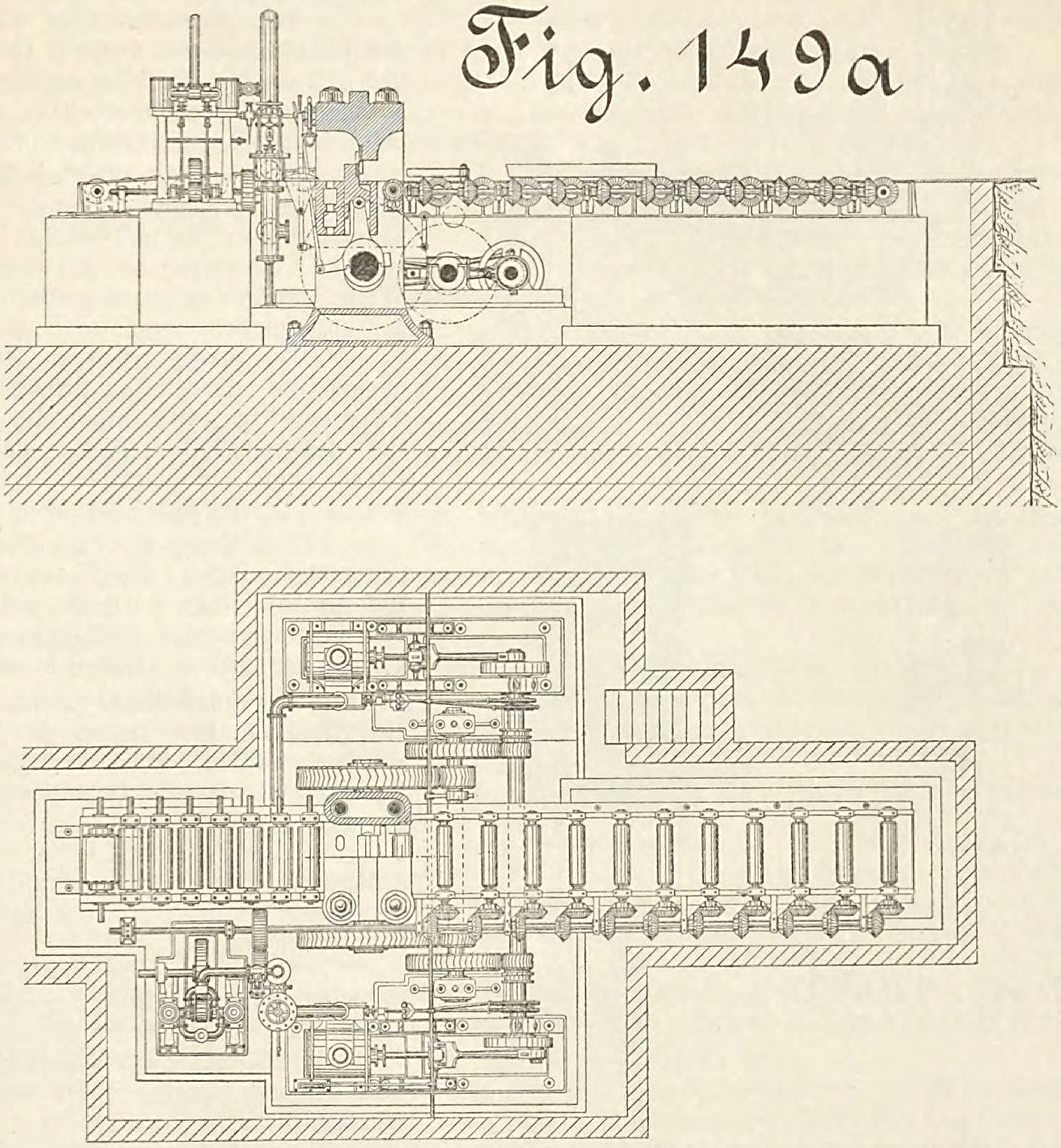
Man befestigt die bewegliche Schneide an einer vertical geführten massiven Gusseisenplatte, die je nach der Schneidbreite mit einer, zwei oder noch mehr Zug- und Druckstangen verbunden wird, die auf Excentern der Betriebswelle aufstehen oder an solchen aufgehängt sind, je nachdem die untere oder die obere Schneide die bewegliche ist.

Die Platte ist für den ungünstigsten Fall, wo der Druck in der Mitte wirkt, zu berechnen, und es ist ferner bezüglich der gedachten Treibstangen zu beachten, dass jede derselben am Anfang und am Ende des Schnittes den ganzen Druck aufzunehmen hat.

§ 903. Die Einrichtung solcher Scheeren lässt sich aus den Abbildungen Fig. 149a und 149b erkennen, welche eine der in neuester Zeit vielfach bevorzugten Blockscheeren darstellen. Das Beispiel ist statt vieler gewählt, um alle Einrichtungen zu zeigen, welche überhaupt an solchen Grobscheeren vorkommen können, und weil kein Flussstahl- und Flusseisenwerk von Bedeutung ohne einen solchen Apparat mehr auskommen kann, wenn es rasch arbeiten will.

Einfachere und leichtere Scheeren desselben Princips lassen sich danach leicht vorstellen. Man braucht nur die Rollentische vor und hinter der Scheere nebst der Bewegungstransmission und der dazu gehörigen Maschine fortzudenken und an Stelle zweier die Scheere selbst bedienender Maschinen sich eine einzige vorzustellen, um eine Grobeisenparallelscheere zu haben.

Fig. 149a



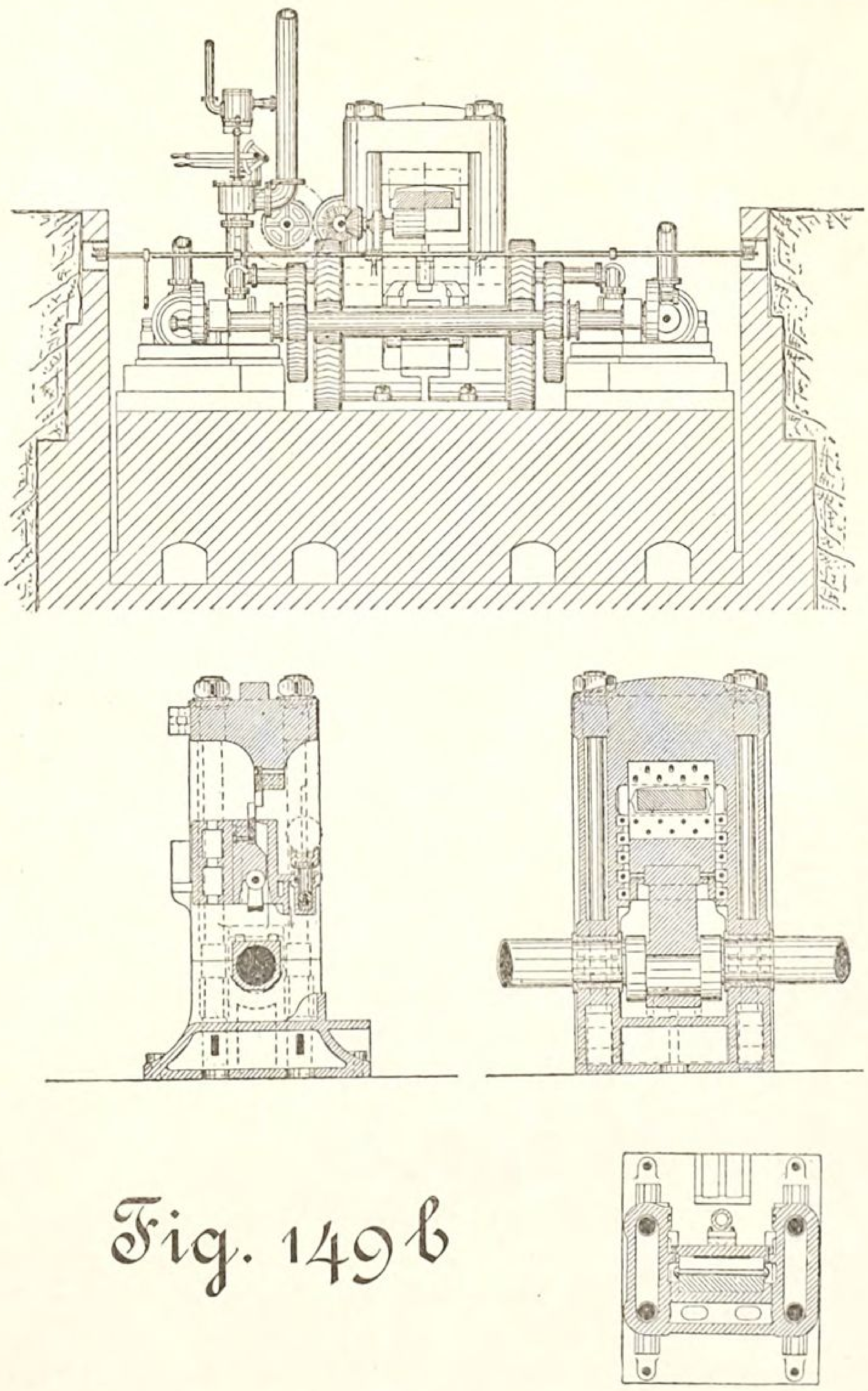
Auch kann man sich die Bewegung des Scheerblattes umgekehrt denken, d. h. das obere Scheerblatt als bewegt annehmen, der Charakter des Scheerenbaues bleibt derselbe.

Man sieht, dass grosse Massen bewegt werden, um die Stösse aufzunehmen und zu vertheilen, welche der Widerstand des zerschnittenen Materials hervorruft, und man hat deshalb von jeher die Scheere selbst, wie auch die Transmission, sehr schwer und massiv gebaut, die Maschine schnell laufen lassen und sie mit empfindlichen Regulatoren versehen, um in den Momenten des Nichtarbeitens Dampf zu ersparen und die Geschwindigkeit etwas zu zügeln.

Es ist ungefähr dieselbe Sache wie bei den Walzwerksdampfmaschinen (vgl. S. 761), wo auch nach einem kurzen Leerlauf die Walzen sofort wieder sehr bedeutende Kräfte absorbiren, ohne dass sich eigentlich der Gang der Maschine ändern darf.

Die in Fig. 149a und 149b gegebene Darstellung ist einem Bericht entnommen, den R. M. Daelen in Stahl und Eisen 1889, S. 23 u. ff., über neuere Blockscheeren erstattet hat, und die Maschine ist nach Zeichnungen von Th. Williamson durch die Firma Grant, Ritchie & Co. in Kilmarnock für das Walzwerk W. & H. Neilson in Rutherglen bei Glasgow zur Ausführung gelangt (Engineering 1888, No. 1171).

Die Scheere dient zum Zerschneiden von Flusseisenblöcken in warmem Zustand. Diese Blöcke haben bis 228 × 760 mm, wobei der Druck auf den Quadratmillimeter Schnittfläche auf 7,75 Kilo angenommen worden ist, also etwas weniger, als S. 799 angegeben. (Vermuthlich sind die betreffenden Blöcke wärmer als die Temperatur jener Versuche war.)


Fig. 149b

Der Antrieb erfolgt durch zwei Dampfmaschinen von 660 mm Durchmesser und 610 mm Hub bei 7 Atmosphären Dampfspannung, welche unterirdisch zu beiden Seiten der Scheere eingebaut sind.

Die von den Treibstangen angetriebene Maschinenwelle bewegt mit doppelter Uebersetzung im Gesammtverhältniss von 16 : 1 die starke Axe der excentrischen Welle, welche den genau geführten Körper der unteren Scheerenplatte bewegt.

Die etwas grösseren Detailzeichnungen des eigentlichen Scheerenständers unter der Fig. 149b zeigen die Construktion der gekröpften Welle, der breiten Druckstange, der ausgeschnittenen Schneiden _⌈⌉_ und der Führungen.

Den Umstand, dass das bewegte Scheerblatt unten liegt, betrachtet der Referent als einen Vortheil, weil dadurch das Festlagern der Rollgänge vor und hinter der Scheere ermöglicht worden sei.

Die Folge dieser Anordnung, dass die Brammen vor Beginn des Schnittes gehoben würden, brächte weiter keinen Nachtheil, als dass der Schnitt etwas schief zur Brammenfläche ausfiele.

Alle Wellen und Räder der ganzen Anlage sind von Siemensstahl von verschiedener Qualität, je nach der Art der Beanspruchung.

Noch ist zu bemerken, dass die Rollbänke vor und hinter der Scheere jede für sich betrieben werden können.

Eine schöne perspektivische Ansicht (in der Quelle) zeigt den Aufbau sehr deutlich.

Aehnliche Brammenscheeren bespricht R. M. Daelen im citirten Aufsatz noch vom Stahlwerk Glengarnock in Schottland und den Dominion Works zu Richmond (N.-A.).

Die erstere hat ebenfalls unterirdisch liegenden Antrieb, doch ist der Schlitten des Oberscheerblattes durch Zugstange mit der unten liegenden Excenterwelle verbunden. Die andere, welche Iron Age (14. Juni 1888) abbildet, wurde durch die Posey & Jones Co. in Wilmington geliefert. Ihre grösste Schnittfläche ist 130 × 380 mm und ihr Gesammtgewicht beträgt 40 Tons.

Die bewegende Excenterwelle liegt diesmal über dem oberen Scheerblatt und ist diese Anordnung der vorher erwähnten unbedingt vorzuziehen; dagegen dürfte nach der Ansicht des Besprechers der Antrieb des Rollenganges von der Hauptdampfmaschine aus mittelst Schnecke und Wechselkuppelung wohl keine befriedigenden Betriebsergebnisse haben.

Eine sehr starke Blockscheere ist von Wagner & Co. in Dortmund erbaut worden, welche als eine der grössten auf dem Continent fabricirten seiner Zeit bezeichnet worden ist. Sie zerschneidet

warme Stahlblöcke bis zu 260 >< 260 mm Querschnitt und ist beschrieben in Stahl und Eisen 1884, S. 102. Der Scheerenschlitten ist horizontal angeordnet und wird die Excenterwelle (an der stärksten Stelle 700 mm stark) von beiden Seiten durch kräftige Stirnräder angetrieben.

Der Antrieb geschieht durch eine Zwillingsdampfmaschine mit 510 mm weiten Cylindern und 660 mm Hub. Interessant und einfach ist an der Maschine die Art und Weise, wie die direkte Beanspruchung des gusseisernen Hauptgestelles in seiner Längsaxe durch Zweitheilung desselben und nachherige feste Vereinigung mittelst vier Schraubenbolzen und genauer zahnartiger Anpassung geändert ist.

Die wichtigeren Organe der Maschine sind theils aus geschmiedetem Stahl, theils aus Stahlguss und sämmtliche Lager sind aus Bronce.

Später wurden von derselben Fabrik Scheeren gleicher Construktion ausgeführt, welche 160 mm im Quadrat schnitten.

Es mag hier noch einer Scheere für Eisenschrot (alte Schienen) gedacht werden, welche die Friedrich Wilhelmshütte zu Mühlheim a. d. Ruhr gebaut hat.

An der von einer Dampfmaschine von 365 mm Cylinderweite und 392 mm Hub angetriebenen Welle sitzen zwei Scheeren, eine innerhalb des Doppelständers zum Schneiden von Schienen etc., die äussere zum Schneiden von Blech zu Streifen bis 300 mm Breite.

Erstere hat 130 mm Messerhub bei 300 mm Breite, letztere 500 mm Messerbreite bei 105 mm Hub. Die Zahnradumsetzung ist $\frac{13}{88}$ bei 120 mm Zahnbreite und 78 mm Theilung.

Eine Excenterscheere eigenthümlicher Construktion hat R. M. Daelen construirt und in Stahl und Eisen 1889, S. 335 u. ff., beschrieben und abgebildet.

Er sucht einer Schwierigkeit zu begegnen, welche bei der Einrichtung von Excenterscheeren zum Zerschneiden grosser Eisenquerschnitte, mit vorgeschriebener Schnittzahl in der Zeiteinheit, seiner Ansicht nach besteht. Diese Schwierigkeit liegt in der Bewegungsübertragung von der Maschinen- auf die Excenterwelle durch eine einmalige Räderübersetzung, welche der Einfachheit halber, für solche Scheeren wenigstens, der doppelten (wie bei der Blockscheere Fig. 149a und 149b angegeben) vorzuziehen ist.

Die Maschinenwelle wird sehr stark, weil sie gleichzeitig die Dampf- und die Schwungkraft übersetzen muss, und daher das kleinere Getriebe auch schon ziemlich gross, so dass das Getriebe auf der Excenterwelle ausserordentlich gross ausfällt und ein hoher Bau des Werkzeuges mit geringer Stabilität entsteht. Weil ferner nur eine geringe Anzahl von Zähnen in Angriff kommt, müssen die Zähne überhaupt sehr breit gemacht werden.

Daelen lässt nun an das grosse Getriebe zwei kleine angreifen, von denen jedes von einer besonderen Dampfmaschine getrieben wird, also die halbe Dampf- und Schwungkraft zu übertragen hat. Die Dampfmaschinen haben ihre Kurbeln um 90^0 gegeneinander verstellt, so dass die Wirkung der Zwillingsmaschine erzielt wird und auch das Verbundsystem angewendet werden kann.

Die Scheere ist von dem Neusser Eisenwerk Heerdt bei Neuss (Daelen & Senfft) ausgeführt und soll sich in der Praxis trefflich bewähren.

§ 904. Die Einführung des hydraulischen Betriebes für derartige mächtige Werkzeugmaschinen hat natürlich auch nicht lange auf sich warten lassen, weil erstens die meisten Werke, die solche Blockscheeren benöthigen, ohnehin hydraulischen Betrieb haben und man durch den Wasserdruck all' die vielen Transmissionen vermied.

Der Verfasser erinnert sich, bereits vor fast 30 Jahren (genau 1863) in Witkowitz eine Scheere für das Massenzerschneiden alter Schienen im Betrieb gesehen zu haben, welche durch Wasserdruck angetrieben wurde und wie eine hydraulische Presse gebaut war.

Das Scheerengerüst war horizontal angeordnet; die etwas schräge Scheerblattschneide war an einem sehr schweren Block befestigt, der den Kopf des Kolbens der liegenden hydraulischen Presse bildete und oben noch durch eine starke Stange geführt war, während er unten auf einer glatten Bahn wie ein Schlitten horizontal fortbewegt wurde. Das andere Scheerblatt war normal zur Horizontalen an einem Ständer befestigt, der mit dem Flansch des hydraulischen Cylinders durch kräftige Zugstangen verbunden, sonst auch noch sehr schwer construirt war.

Mit dieser Scheere wurden ganze Bündel von alten Schienen oder sonstigem Schrot bequem zerschnitten, wobei allerdings Knickungen und Klemmungen wohl nie ganz zu vermeiden waren, denn beim Schnitt spreizten sich die Stäbe auf beiden Seiten auseinander und mussten nach erfolgter Trennung wieder aufeinander gelegt werden.

Seither ist die hydraulische Scheere verschiedentlich zur Anwendung gekommen, besonders aber bei dem Zerschneiden von rothwarmen, vorgeblockten oder bis zu einer bestimmten Grösse ausgewalzten Flusseisenblöcken. Die früher hierfür, wie für alle Theilungsarbeiten, bei heissem Eisen ausschliesslich zur Anwendung gekommene Kreissäge erwies sich aus verschiedenen Gründen als nicht praktisch.

Zunächst kommt der Materialverlust des Sägenschnittes bei der Herstellung von Halbfabrikaten mehr in Betracht als bei dem Beschneiden fertiger Profile, weil die Anzahl der Schnitte bei kleinem Querschnitt des vorgewalzten Stabes fast immer eine relativ grosse ist, bei grösseren Querschnitten aber der einzelne Schnitt schon viel Stoff absorbirt.

Daelen gibt an (Stahl und Eisen 1884, S. 725), dass derselbe sich auf durchschnittlich $0{,}35/_{00}$ berechne, also 3,5 Kilo pro Tonne, wenn man annimmt, dass der Schnitt bei 50 mm Quadrat 5 mm stark ist und bis zu 250 mm Quadrat bis auf 8 mm wächst.

Dann kommt hinzu, dass der Betrieb der Warmsäge eine grosse Kraftvergeudung bedingt, weil die nothwendige grosse Umfangsgeschwindigkeit während des Schnittes erhalten bleiben muss, so dass die lebendige Kraft der Transmission des Sägeblattes verloren geht.

Man ging in Folge dessen zu Parallelscheeren über und wählte zunächst die im vorigen Paragraph besprochenen Anordnungen und Construktionen, bis man sich endlich entschloss, hydraulische Bewegung anzuwenden, um die Scheeren theils compendiöser, theils stabiler zu erhalten und an Platz zu sparen.

Eine hydraulische Scheere für Schienen ist auch von Twedell, dem Erfinder der hydraulischen Nietmaschine, angegeben worden. Sie schneidet in horizontaler Richtung mittelst eines Kolbens von 300 mm Durchmesser und das Druckwasser wird aus einer Wasserdruckpumpe direkt in den Presscylinder oder die Scheere geleitet. Der Kolben der Wasserdruckpumpe ist durch dieselbe Kolbenstange mit dem weit grösseren Kolben der Dampfmaschine verbunden. Ein Hub des Pumpenkolbens genügt vollkommen für einen Hub des Presskolbens.

Die Scheere, welche 4 Tonnen wiegt, kann überall direkt auf den Boden gestellt werden, ebenso die Presspumpe mit 5 Tonnen Gewicht. Rechnet man noch einen transportablen Dampfkessel hinzu, so hat man einen leichten und compendiösen Apparat, der dasselbe leistet wie eine 18 Tonnen schwere Scheere mit Fundirung etc. (Dingler's Journal 1878, 229, S. 503.)

Bekannt sind die von Tannet & Walker in Leeds erbauten riesenhaften Blockscheeren der Blochairn-Werke bei Glasgow. Dieselben haben die Aufgabe, die von 510 × 760 mm Querschnitt auf 203 × 660 mm herabgewalzten Blöcke zu zerschneiden.

Nach Angabe der Fabrikanten beträgt der Druck des hydraulischen Kolbens auf das Messer 500000 Kilo, was bei dem gedachten Blockmaass 203 × 660 etwa 3,7 Kilo Abscheerfestigkeit ergeben würde. Das Walzen in 30 flachen, 8—10 hochkantigen und abermals 20 flachen Stichen dauert 8 bis 9 Minuten und die Blöcke gelangen deshalb ziemlich warm zur Scheere.

Der hydraulische Druck, 155 Kilo pro Quadratcentimeter, wird durch zwei Plungerpumpen erzeugt, die von einer Zwillingsmaschine mit Schwungrad betrieben werden.

In der Leitung findet sich ein Sicherheitsventil eingeschaltet und das daselbst ausströmende Wasser tritt in einen Accumulator, um zu anderen Betriebszwecken verwendet zu werden. (Stahl und Eisen 1885, S. 567.)

R. M. Daelen schreibt dieser Anordnung den hohen Dampfverbrauch zu, weil der ausgeübte Druck sich stets gleich bliebe, obschon die Temperatur und mit ihr die Härte der Stücke wechselt, und er sieht in diesem Umstand den Grund für die anscheinend geringe Verbreitung der hydraulischen Scheeren.

§ 905. Um diese gedachten Nachtheile zu vermeiden, hat R. M. Daelen selbst die direkte Uebertragung des Dampfdruckes auf Wasser in Vorschlag gebracht und die Firma L. W. Breuer, Schumacher & Co. in Kalk eine solche Scheere für die Gesellschaft John Cockerill in Seraing erbaut. Zwei Cylinder stehen genau übereinander, so dass ihre Kolben durch eine gemeinsame Kolbenstange verbunden sind. In dem unteren weiteren Cylinder wirkt der gewöhnliche Maschinenbetriebsdampf auf den Kolben und hebt denselben. Dadurch wird in dem oberen weit kleineren Cylinder der Kolben ebenfalls gehoben und das daselbst über dem Kolben befindliche Wasser unter Druck versetzt, der nach dem gebrauchten Flächenverhältniss der beiden Kolben etwa 500 Kilo pro Quadratcentimeter beträgt.

Dieses Wasser gelangt durch ein ∩förmig gebogenes Rohr in einen weiten hydraulischen Cylinder über einen Kolben, der auf den Scheerenschlitten wirkt. Der letztere bewegt sich zwischen zwei führenden Ständern und der darüber befindliche Holm ist mit der Grundplatte durch vier starke Schraubenbolzen verbunden, welche durch die Ständer hindurchgehen.

Nach erfolgtem Schnitt lässt man den Dampf unter dem Kolben austreten, das Wasser geht zurück und der Scheerenschlitten folgt, durch zwei an Hebeln hängende Gegengewichte emporgezogen. Vermittelst einer besonderen Vorrichtung werden etwa durch Undichtigkeit eingetretene Wasserverluste ergänzt.

Der Querschnitt der Dampfeinströmung ist so bemessen, dass zu Anfang der volle Druck zum Abscheeren des Blockquerschnittes entsteht, später aber der Druck gleichzeitig mit der Querschnittsabnahme des ungeschorenen Blocktheils abnimmt, indem bei dem schnellen Aufgang des Kolbens eine Drosselung und theilweise Expansion des Dampfes eintritt.

Die Geschwindigkeit des letzteren nimmt indessen während des Schnittes zu, und es wird nach der Ansicht der Erbauer die Entstehung eines Grates am Unterrand der Schnittfläche vermieden. Das Material reisst ab, wenn die Messer einander gegenüber stehen.

Dem etwaigen Emporschnellen des Dampfdruckes bei einem Leergange zu begegnen, ist in der hydraulischen Leitung ein Ventil eingeschaltet, das beim Hingang den Querschnitt verengt, beim Rückgang aber denselben frei lässt.

Die in Seraing in Betrieb gestellte Scheere genügte für Blöcke von 150 × 150 mm Querschnitt, das System ist aber nach der Ansicht der Erbauer für jede in der Praxis vorkommende Abmessung anwendbar. Das Werkzeug ist einfach in Allem so leicht zu behandeln, wie ein Dampfhammer, bezüglich der Bruchgefahr aber weit sicherer.

Vielleicht trägt diese Construktion dazu bei, dass der hydraulische Betrieb in dieser Weise noch zu vielen Zwecken dienlich gemacht werden kann, wo man sie in Folge der irrigen Ansicht vermeidet, dass stets ein Pumpwerk mit Accumulator nötig sei. (Stahl und Eisen 1884, S. 724.)

Man erkennt in der Daelen'schen Scheere dasselbe Princip wie in der Scheere von Twedell, von welcher weiter oben die Rede gewesen ist. Nur einige Details sind zur letzteren hinzugekommen.

Eine hydraulische Scheere, ebenfalls für Eisen- und Stahlblöcke, ist E. Böhme in Breslau patentirt worden, bei welcher der Wasserdruck durch den in das Untergestell verlegten Kolben mittelst eines Querhauptes und zweier gleichzeitig als hydraulische Druckkolben benutzten Stangen auf den Scheerenkopf übertragen wird. (D. R.-P. No. 38373. Stahl und Eisen 1887, S. 352.)

Eine hydraulische Billetscheere findet sich abgebildet Engineering, 28. September 1888, S. 313. Sie ist erbaut von Henry Berry von den Croydon Works in Leeds und hat einen verstellbaren Hub der 6 Zoll im Maximum beträgt, während der Cylinder 19 Zoll Durchmesser hat.

Die Scheerblätter sind 15 Zoll lang, so dass ziemlich breite Werkstücke darauf zerschnitten werden können. Die Zuführung der letzteren erfolgt direkt vom Walzwerk durch eine etwa 150 Fuss lange Rollenstrecke und ebenso werden die Abschnitte weiter befördert.

Das Scheerenmaul ist vollkommen offen, so dass man im Aus- und Einführen der Stäbe unbehindert ist. Interessant ist ein an der Führung des Scheerenblocks angebrachter Halter, der verhindern soll, dass beim Abschneiden nur kurzer Stücke ein Umknicken des Abschnittes, beziehungsweise auch eines Stabendes, stattfindet.

§ 906. Scheeren für Bleche werden wesentlich nach denselben Principien construirt wie die Grobeisen- und Blockscheeren; nur ist die Messerbreite in der Regel eine weit grössere und daher auch die Anordnung eine etwas andere.

Das gewöhnliche System ist das der Parallelscheeren mit breitem, rechts und links geführten Scheerblätterblock, der von mehreren Excentern mittelst Schubstangen auf- und abbewegt wird.

Der Aufbau muss dabei so sein, dass hinter der Schnittebene der Messer Raum für einen Blechstreifen von bestimmter Breite vorhanden ist, um z. B. ein Blech von 1 m Breite in Streifen von 300—500 mm und noch mehr zertheilen zu können.

Die Blechplatte wird auf einem vor der Scheere befindlichen Tisch normal zur Scheerblattfläche gegen das Instrument bewegt und zwischen die Schneide eingeführt.

Schnittbreiten von bis 2 m sind heute nicht mehr selten, doch ziehen viele Praktiker die leichter und sicherer zu führenden Scheeren von etwas geringerer Breite vor und schneiden dann vorsichtig in mehreren Absätzen.

Für Feinbleche, namentlich zum Verzinnen, benutzt man vielfach noch Gelenkscheeren von hinlänglicher Messerlänge, um genaue Schnitte längs des ganzen Blechstückes auszuführen. So hat z. B. Daniel Edwards in Morrisson sich unter No. 12790, am 13. August 1889 in England eine doppelte Gelenkscheere patentiren lassen, um bei zu verzinnenden Schwarzblechen genau parallele Seitenkantenschnitte zu erhalten. (Stahl und Eisen 1890, S. 888.)

Das Princip des wiederholten Schnittes ist besonders in der Scheere von Ch. Donnay benutzt, welche als Gelenkscheere ausgebildet ist und mit leicht gekrümmter beweglicher Schneide gegen die geradlinige feste Schneide arbeitet.

Die Scheere zeigt eigenthümliche Details bezüglich der Führung etc. des Scheerenschlittens und der Sicherung gegen das Ausweichen, wegen derer auf die Quelle zu verweisen ist. Das Gesammtgewicht der Scheere ist 5500 Kilo und sie soll Bleche bis 11 mm Dicke schneiden können. (Annales industrielles, September 1882; Stahl und Eisen 1883, S. 249.)

Bezüglich der Blechscheeren ist noch hervorzuheben, dass die betreffenden Construktionen am besten genau nach den Bedingungen ausgeführt werden, die jeder Fall der Blechverwendung mit sich bringt und es am besten ist, sich mit genau arbeitenden Werkzeugmaschinenfabriken dazu in Verbindung zu setzen.

Ueber eine grosse Blechscheere, erbaut von der Friedrich Wilhelmshütte zu Mülheim a. d. R., berichtet Stahl und Eisen 1889, S. 919 unter Beifügung eines perspektivischen Clichés, aus dem sich

Folgendes entnehmen lässt. Die Scheere, vor 25 Jahren nach Angaben und Vorschriften des seitdem verstorbenen Hüttenbesitzers Ad. Knaudt (Schulz, Knaudt & Co.) in Essen erbaut, ist auch anderen, mit der Herstellung schwerer Bleche sich beschäftigenden Werken geliefert und ausserdem noch in mehr oder weniger abweichender Gestalt vielfältig nachgeahmt worden. Die Scheere hat sich angeblich gut bewährt, da wesentliche Aenderungen daran heute kaum wünschenswerth seien. Zwei starke Gussständer mit entsprechenden Durchbrechungen und einer Ausbuchtung von 800 mm auf der vorderen Seite, zur bequemeren Bewegung der Blechkanten, sind durch Blechträger verbunden und lassen zwischen sich nur einen Zwischenraum von 3100 mm frei.

Die Dampfmaschine von 400 mm Cylinderdurchmesser und 550 mm Kolbenhub treibt mittelst starker Zahnräder (welche man heute wohl durch Räder mit Keilzähnen ersetzen würde) die Hauptscheere von 600—900 mm Messerbreite. Seitlich ist noch eine Schrot- oder Luppenscheere angebracht, welche von der Hauptwelle aus durch Excentrik und Hebel ihre Bewegung erhält.

Als Gesammtgewicht des Apparates sind 41 200 Kilo angegeben. Zu bemerken ist, dass beide Messer geneigte Kanten haben, das untere unmerklich, das obere mehr.

§ 907. Ausser den Scheeren mit gleichmässiger Gegeneinanderbewegung der Scheerblätter, seien es Gelenkscheeren oder Parallelscheeren, wendet man auch Kreis- oder Circularscheeren an, d. h. solche, deren Schnittebene durch eine Cylinderfläche begrenzt wird.

Die scheibenförmigen Scheerblätter sind auf kräftigen, gut gelagerten Wellen befestigt und ihre Ränder ragen so weit übereinander, dass sie gut aneinander gedrückt werden können.

Die sich drehenden Kreisscheerblätter ziehen das Werkstück selbstthätig heran, so lange die Reibung desselben die abstossenden Kräfte überwiegt (Karmarsch-Fischer, Mechanische Technologie I, S. 365). Dieses Gesetz, von dem S. 598 dargestellten Walzenvorgang abgeleitet, bedingt einen Scheerblattdurchmesser von 80 bis 200 $\times$ der Dicke des zu zerschneidenden Bleches. Dadurch, dass grössere Schneidscheiben schwerer vollkommen gerade zu führen sind und ausserordentlich stark gemacht werden müssen, beschränkt sich die Anwendung der Kreisscheeren im Eisenhüttenbetrieb sehr, während sie z. B. bei der Zinkblechwalzerei eine allgemeine ist.*)

Zum Rundschneiden, wobei das zu schneidende Blech auf einer Planscheibe mit verticaler Axe so befestigt ist, dass die Scheerenfläche in dem Radiusabstand des zukünftigen Kreisstückes von der Axe der Scheibe entfernt ist — und dann langsam während des Schneidens gedreht wird, lassen sich die Kreisscheeren vorzüglich anwenden.

§ 908. Das eben besprochene Kreisscheerenprincip hat indessen in den Schneidwerken eine grössere und bedeutsamere Anwendung gefunden als bei der Blecharbeit.

Die Schneidwerke (trains de fenderie) scheinen nach Karsten (Eisenhüttenkunde, 3. Aufl., 4. Band, S. 341) in der Mitte des 17. Jahrhunderts bereits in Lothringen aufgekommen zu sein, fanden von da aus allgemeine Verbreitung, namentlich in den Holzkohlenbezirken, dann auch in den Puddelwerken. Ein Schneidwerk besteht aus einer grösseren Anzahl aneinander geschobener Kreisscheeren auf gemeinsamen Axen, deren Scheiben mit beiden Kreiskanten schneiden.

Man stellt einen solchen Apparat her, indem man auf zwei Axen, die sich entgegengesetzt drehen (ganz in der Art der Walzwerke verkuppelt), abwechselnd Eisenscheiben von geringerem, Stahl- oder verstählte Eisenscheiben von grösserem Durchmesser aufsteckt und befestigt, so dass sie sich mit der Axe oder Welle drehen müssen.

Bei rechter Einstellung beider Axen greifen die Scheiben der oberen Axe zwischen die Scheiben der unteren Axe ein und stellen ebensoviel einzeln- und doppeltwirkende Kreisscheeren dar.

Bringt man vor ein solches Schneidwerk ein zu passender Breite vorgestrecktes Flacheisen von der Dicke der Schneidscheiben und lässt es mittelst einer kräftigen Führung zwischen die Scheiben treten, so wird es in ebensoviel Ruthen von quadratischer Form der Länge nach zerschnitten als Durchgänge vorhanden sind. Es fallen dabei natürlich Randruthen von unvollkommener Ausbildung, welche zum Binden der späteren Schneideisenbündel dienen oder wieder verschweisst werden müssen. Das Produkt besteht aus etwas rauhen und ungleichkantigen Quadratstäben, welche als Rohmaterial für verschiedene Arbeiten dienen und eigentlich kein Fertigprodukt im vollsten Sinne des Wortes darstellen.

Diese Fabrikation ist neben der Herstellung gleichgrosser oder ähnlicher Quadrateisensorten in Kalibern anscheinend nur deshalb betrieben worden, weil ein Bedarf nach solchem Rutheneisen vorhanden war und dasselbe besondere Garantien bezüglich der Reinheit gegenüber dem in Kalibern gewalzten gleich wohlfeilen Eisen bot.

Wie von Karsten (a. a. O., S. 349) schon hervorgehoben, darf das in Schneidwerken zu verarbeitende Eisen niemals rothbrüchig sein und auch der Kaltbruch darf nur soweit auftreten als

*) Kreisscheeren für mittelschwere Bleche müssten schon in der Art der Kopfwalzwerke eingerichtet werden und man würde die Bleche selbst auf Rollentischen führen müssen, um gute Resultate zu erhalten. Die Messerbahn müsste natürlich wiederholt gehärtet werden, um die erforderliche Reinheit der Schnitte zu sichern.

bestimmte Biegefähigkeiten in der Kälte darunter nicht leiden. Karsten verlangt ein zweimaliges Hin- und Herbiegen im rechten Winkel, obschon er zugibt, dass dies nicht immer erreicht werden kann und manches Schneideisen kaum ein einmaliges Biegen aushielt.

Hierzu darf der Verfasser wohl bemerken, dass die Verwendung des Schneideisens eine verschiedene war und ist. Im Jahre 1856 wurde ihm auf einem Walzwerk des Fürsten Hohenlohe (jetzigen Herzogs von Ujest) zu Sausenberg (Kreis Lublinitz, Oberschlesien) mitgetheilt, dass das daselbst fabricirte Schneideisen aus Holzkohlenstabeisen, grossentheils Anlaufeisen, gemacht werde und fast ausschliesslich zu feinen Schlossereiarbeiten nach Berlin verkauft würde. Eine solche Bestimmung schliesst den Rothbruch ganz aus und verlangt auch möglichste Freiheit von Kaltbruch.

Sollen dagegen aus dem Schneideisen Nägel geschmiedet, gestanzt oder geschnitten werden, so kann man bezüglich des Kaltbruches duldsamer sein, umsomehr, als derselbe zur Schönheit der Waare beiträgt. Wie es jetzt mit der Schneideisenverwendung steht, ist im Ganzen schwer zu ermitteln.

Das zwischen Couillet und Châtelineau an der Sambre belegene Werk: Les laminoirs du Châtelet machte 1883 neben einem grossen Sortiment Bandeisen auch Schneideisen auf 6—8 Strassen. Es schneidet das selbst gepuddelte Eisen sehniger Qualität zu Ruthen bis zu 1,5 mm Quadrat herab!

Die dem Verfasser vorliegenden Proben lassen sich ein- bis zweimal hin- und herbiegen ohne zu brechen. Das Meiste von diesen Stäben wurde zu Nägeln für Lackarbeiten nach China und Japan exportirt und theilweise dort zerschnitten; auch gelangt die Waare schon geschnitten dahin.

Die Einrichtungen dieser Walz- und Schneidwerke sind absolut dieselben wie sie seit über 50 Jahren durch zahlreiche Hand- und Lehrbücher bekannt geworden sind.

Sägen.

§ 909. Sägen werden im Betrieb der Eisen- und Stahlwerke besonders angewandt, um gewalztes Profileisen warm zu schneiden, z. B. die Enden zu entfernen, sobald der Stab das Fertigkaliber verlassen hat. Ueber die Materialnachtheile dieser Methode, d. h. den Substanzverlust ist bereits bei der Besprechung der Blockscheeren die Rede gewesen und dabei auch gleichzeitig hervorgehoben worden, dass bei dem Schneiden der Fertigprofile der Nachtheil erheblich geringer sei als bei Blöcken.

Die Einrichtungen solcher Warmsägen ist übereinstimmend die, dass eine oder ein Paar Circularsägen vom besten Stahl in lebhafte Rotation versetzt werden und dann der Stab ihnen genähert wird oder umgekehrt.

Kürzere Stücke beschnitt man in der erstgedachten Weise, indem man die von Hand oder durch einen Rollengang nach der Säge transportirten Stücke auf eine Platte mit Rückleiste brachte, welche den beiden Sägen, die den verlangten Baulängen der Stäbe, z. B. der Schienen entsprechend weit entfernt voneinander waren, gegenüber Einschnitte hatten.

Zog man diese Platte durch eine Zahnstange nach den Sägen hin, so schnitten die letzteren die beiden Enden in genauestem Abstand ab und der Stab konnte zum Richten weiter transportirt werden.

Bei den jetzt allgemein üblichen grossen Stablängen wendet man die festen Scheeren nicht mehr an, sondern die beweglichen, weil die langen Stäbe schwerer beweglich sind.

Das Detail einer solchen Säge ist in der Skizzenzusammenstellung Fig. 150 deutlich zu erkennen, welche eine englische Schienen- und Grobeisenscheere darstellt (Britanniaworks in Middlesbro).

Eine eincylindrige Dampfmaschine treibt eine Welle, auf welcher einerseits das erste Getriebe zur Bewegung der Rollenbahnen sitzt, während auf der anderen Seite eine Riemenscheibe sich befindet, welche mittelst nochmaliger Umsetzung die Sägen treibt. Die Lagerständer der letzteren sitzen nebeneinander auf einem Schlitten und können mit einer kleinen liegenden Dampfmaschine zurückgezogen, bezw. vorgeschoben werden.

Die beiden Sägen sitzen ziemlich nahe zusammen und werden jede für sich verwendet, so dass gleichzeitig zwei Schnitte an verschiedenen Stücken gemacht werden können.

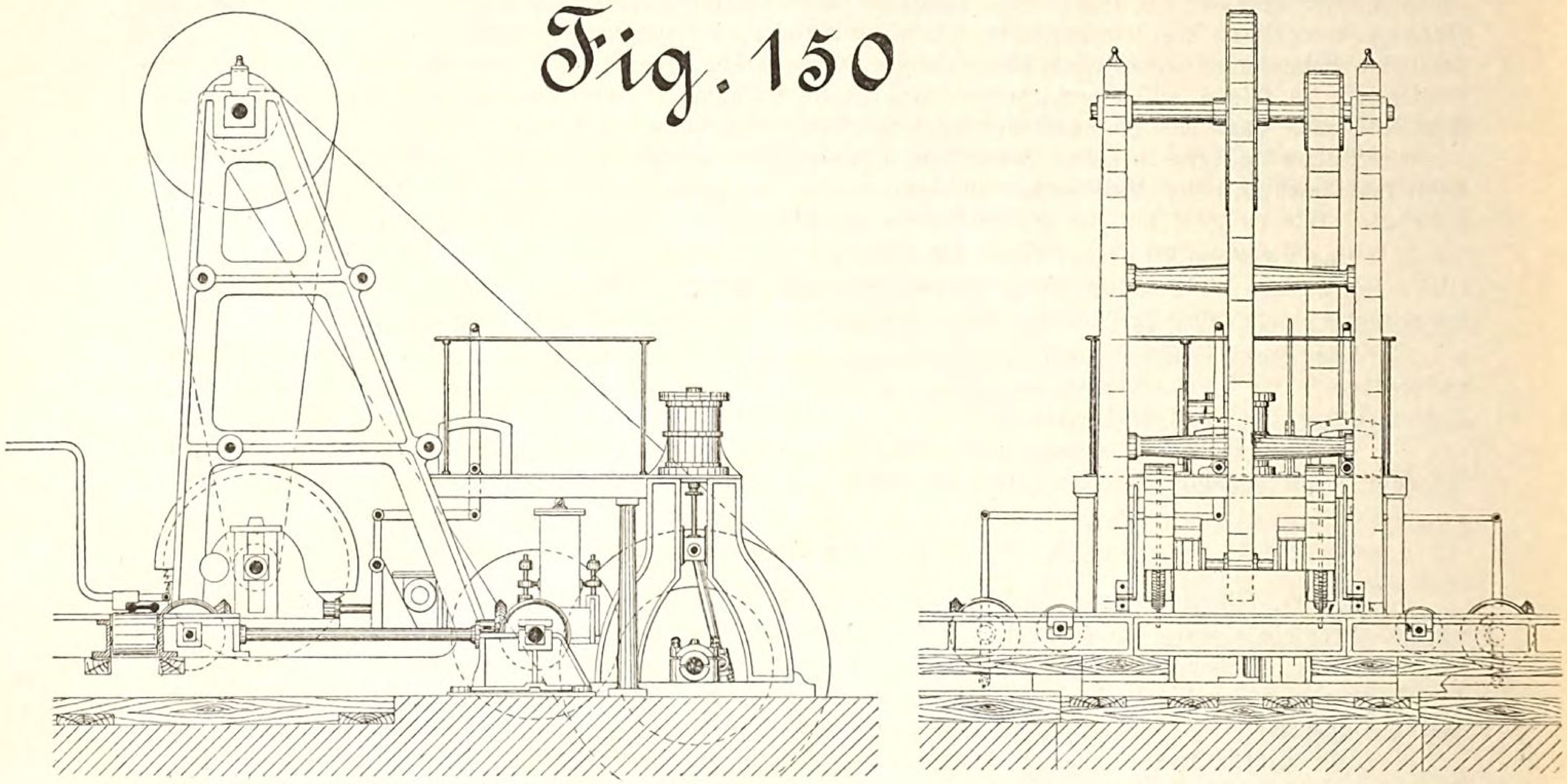
Die Steuerung der liegenden und die der stehenden (Umtriebsmaschine) wird von einer Bühne aus bedient, welche zwischen Hauptcylinder und Scheerengerüst angebracht ist.

§ 910. Ausser diesen Warmsägen, zu deren Charakterisirung das eine Beispiel genügen dürfte, hat man auch den Bau von Kaltsägen versucht, worin sich besonders H. Ehrhardt in Düsseldorf hervorgethan hat, welcher sogar durch Handsägen Schnitte von grossen Profilen ausgeführt hat.

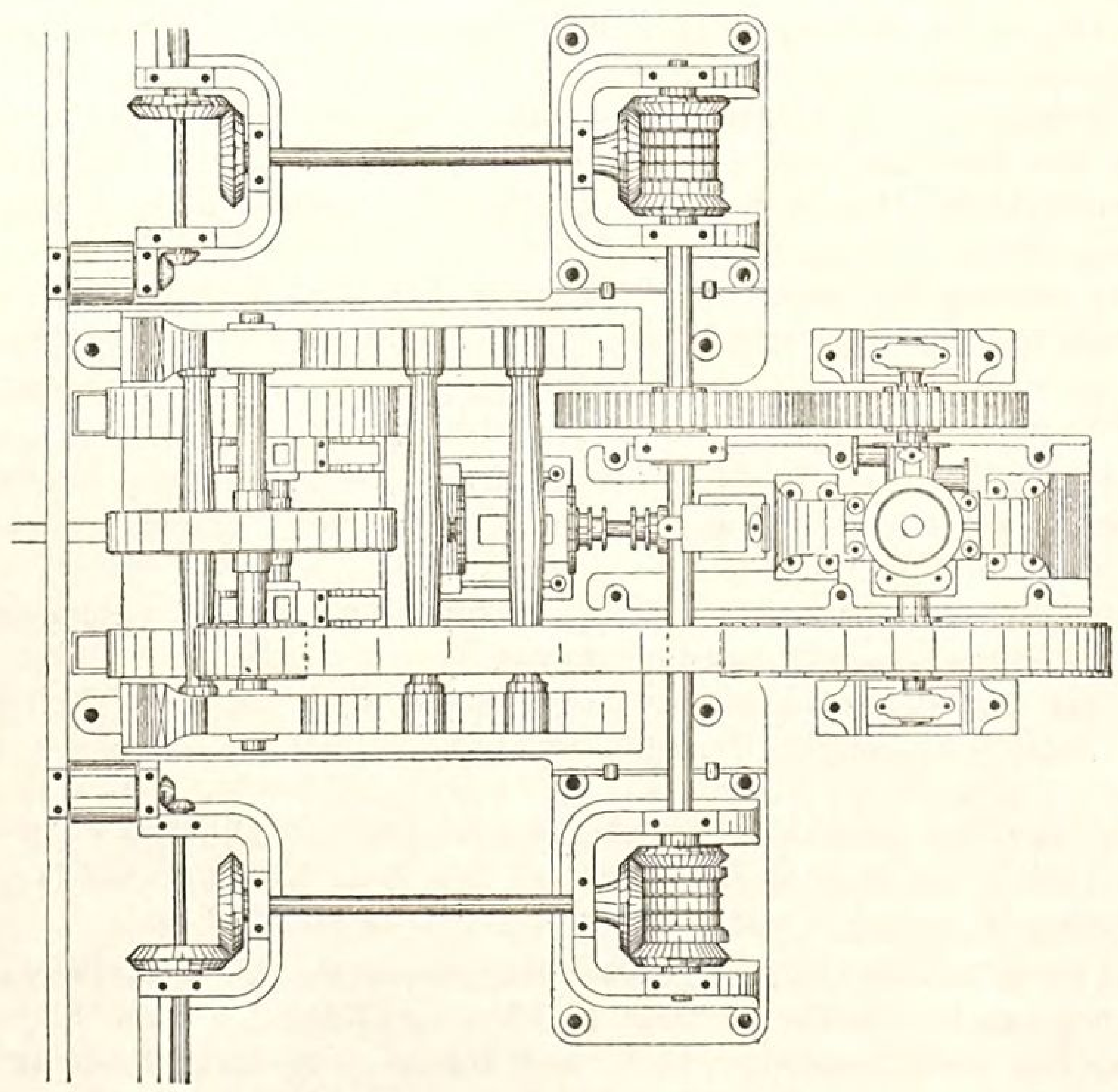
Vielleicht das Grossartigste der Art ist desselben Construkteurs Metallsägegatter (D. R.-P. 49140, 15. December 1888), mit dem er den Versuch macht, bis fünf Profile gleichzeitig durch verticale Sägeblätter, die zu einem Gatter vereinigt sind, zu zerschneiden, wobei entweder das Gatter oder die auf einzelnen Schlitten befestigten Stäbe bewegt werden. Auch Längsschnitte will Ehrhardt damit ausführen, wobei dann die Sägeblätter gedreht und die Einzelschlitten auf einem gemeinschaftlichen Hauptschlitten verschoben werden. Hinter dem Gattergestell ist noch eine Schleifscheibe zum Schärfen der

Sägeblätter angebracht und wird durch dieselbe Transmission bewegt wie das Gatter. Dieses eine Beispiel wird genügen, wenn noch hinzugefügt ist, dass es auch Pendelsägen gibt, bei denen die Sägeaxe mit

Fig. 150



ihren Lagern um die obere Riemenscheibenaxe sich bewegen lässt. Nach einer Notiz in Stummer's Ingenieur III, 5, sind zahnlose Circularsägen versuchsweise bei Sir John Brown zur Verwendung gekommen.



Richt- und Stauchmaschinen.

§ 911. Der Umstand, dass kein Walzstück von grösseren Querschnitten vollkommen gerade aus dem Walzwerk kommt und dass besonders unsymmetrische Profile sich werfen und verziehen, hat vom Anfang des Walzbetriebes an die verschiedenen Richtarbeiten nothwendig gemacht. Betrachtet man die alte Fabrikation der Eisenbahnschienen aus Schweisseisen verschiedener Qualität (mit Feinkornkopf, Stahlkopf etc., dann mit sehnigem und körnigem Fuss etc.), so erinnert man sich, dass die beschnittene Schiene auf einer convexen Richtbank mit dem Fuss nach unten gelegt und mit Holzhämmern geschlagen wurde, bis sie selbst mit der Kopfseite convex war. Nach dem Erkalten war sie gerade geworden, während sie ohne jede Vorsicht so krumm geworden wäre als jene Richtbank, deren erforderliche Krümmung man eben aus dieser bösen Erfahrung gefunden.

Aber selbst ganz homogene oder ganz symmetrische Stäbe können sich durch den Einfluss des Walzens, oft durch die ungleiche Abkühlung an einzelnen Stellen krumm ziehen.

Ein eigenthümlicher Fall hat sich kürzlich (1890/91) beim Walzen der Goliathschiene auf belgischen Werken gezeigt. Bei diesen schweren, namentlich mit dicken Köpfen versehenen Schienen tritt die Neigung ein, dass der aus den Walzen tretende Kopf sich mehr und mehr senkt, je weiter er frei schwebt und dadurch die Stegfläche windschief macht. Man erklärt sich diese Erscheinung einfach durch das im Verhältniss zu den anderen Profilelementen ausserordentlich grosse Gewicht des Kopfes, welches vom ersten Augenblick der freischwebenden Lage an einwirkt und die Drehung veranlasst.

Ausser diesen grösseren Verdrehungen und Krümmungen der Walzstücke, finden sich aber auch bei den meisten derselben eine ganze Anzahl kleinerer Ungleichheiten und Unregelmässigkeiten, welche nicht durch das gewöhnliche Richten durch Schlagen etc. herausgebracht werden können, sondern eine nach sorgfältiger Controle der erkalteten Stäbe eintretende sorgsame Behandlung verlangen.

Man bedient sich dazu der Richtmaschinen, welche theils von Hand, theils von Transmissionen angetrieben werden und je nach Gebrauch und Bestimmung verschiedene Einrichtungen haben können, meist aber auf das Princip der Parallelscheeren und Durchstösse etc. kommen.

Meist waren es anfänglich Schraubenpressen mit Schwungkugeln, dann den Parallelscheeren nachgebildete Mechanismen, wie die in Fig. 151 bis 153 abgebildete Doppelvorrichtung, in welcher, wohlgemerkt, die Bahnen sowohl im beweglichen, wie im nicht beweglichen Theil fortgelassen sind und welche man daher als Lochmaschine wie auch als Richtmaschine gebrauchen kann.

Wie man leicht erkennt, findet der Antrieb der Vorrichtung durch eine kleine stehende eincylindrige Dampfmaschine statt, welche mittelst Kurbel eine am Kopf des Apparates gut gelagerte Welle bewegt, die am anderen Ende ein mit Stelllöchern auf der Peripherieseite versehenes Schwungrad und davor ein Getriebe trägt, von dem aus durch doppelte Uebertragung die Bewegung auf eine im Innern des Apparates liegende Welle (im ersten Profil der Fig. 151 punktirt angedeutet) übertragen wird, welche an ihren Köpfen excentrisch gestellte Zapfen trägt, die sich in dem Schlitten des Werkzeuges in einem beweglichen Kreislager umdrehen und den Auf- und Niedergang des Schlittens verursachen.

Beide Schlitten haben am Oberende eine Art Führung durch eine Stange, welche mit einem um einen festen Drehpunkt beweglichen Hebel verbunden ist. Das ganze Ständergerüst ist zweitheilig und unten sowohl als oben durch kräftige Bolzen vereinigt, wie die Draufsicht Fig. 152 und der Grundriss Fig. 153 ergeben.

Eine eigenthümlich construirte Universalrichtpresse für Façoneisen mit oscillirendem Balancier, doppelter Wirkung und Einstellvorrichtung mit Druckschrauben hat Daelen hergestellt, welche sowohl vertical als horizontal drückt und richtet. Ob die etwas complicirte und dadurch vielleicht leicht gestörte Presse zur Verwendung gekommen ist, wurde nicht weiter bekannt (Kerpely's Jahresberichte 1878, S. 391).

Andere Construktionen sind für Winkeleisen, U- und Zoreseisen ausgeführt worden, alle nach gleichen Principien; die hier abgebildete nur mit verschiedenen Patrizen- und Matrizeneinsätzen.

§ 912. Eine ganz besondere Rolle spielen unter den Vollendungswerkzeugen die Staucharparate zur Herstellung bestimmter Formen von Walzprodukten. Ganz besonders handelt es sich hier um die Vollendarbeit der neueren Schwellen, des sogen. holländischen Profils (cf. S. 672 d. Bandes).

Die in grösserer Länge gewalzten Fertigstäbe werden sofort warm zerschnitten und müssen alsdann in der durch die Eisenbahnverwaltungen vorgeschriebenen Weise gekrümmt und zusammengestaucht werden. Dies geschieht theilweise unter einem Dampfhammer, der dann aber mit Oberdampf und mit anfangs sanftem, dann aber Schlagdruck arbeiten muss.

Eine andere, in neuerer Zeit nach dem Princip der von R. M. Daelen angegebenen Combination von Dampfbetrieb und Hydraulik (s. oben S. 804, § 905) von der Firma Breuer, Schumacher & Co. in Kalk bei Köln erbaute Maschine funktionirt zur grössten Zufriedenheit verschiedener Flusseisenwerke.

Die Maschine besteht aus der eigentlichen Presse und dem zum Betriebe derselben nöthigen Dampf- und hydraulischen Apparate. Letzterer besteht seinerseits aus dem Dampfcylinder, combinirt mit dem Pumpencylinder durch ein System von vier kräftigen schmiedeeisernen Säulen, welche einen schweren gusseisernen Holm tragen, in welchem der Pumpencylinder auf das Solideste befestigt ist. Der Dampfkolben bekommt nur einseitigen Druck von unten und erfolgt der Rückgang durch das eigene Gewicht des Kolbens. Im unteren Theile des Dampfcylinders ist ein fester Gegenkolben angebracht, wodurch sich beim Ende des Niederganges zwischen diesem und dem auf- und abgehenden Kolben ein Dampfpuffer bildet.

Die Steuerung erfolgt durch einen Kolbenschieber mit Rothgussringen, welcher in einem Rothgussgehäuse vollständig entlastet auf- und abgeht, den Dampf so einlässt und absperrt, sowie den verbrauchten Dampf vor dem Austritt in den oberen Theil des Cylinders bei dem Heruntergange des Kolbens eintreten lässt, damit stets eine gleichmässige Erwärmung des Cylinders stattfindet. Wenn der Dampf eintritt, so bewegt sich der Kolben nach oben und die Kolbenstange verdrängt das in dem oberen, aus Stahl geschmiedeten Pumpencylinder befindliche Wasser nach zwei in dem Obertheil der Presse sicher

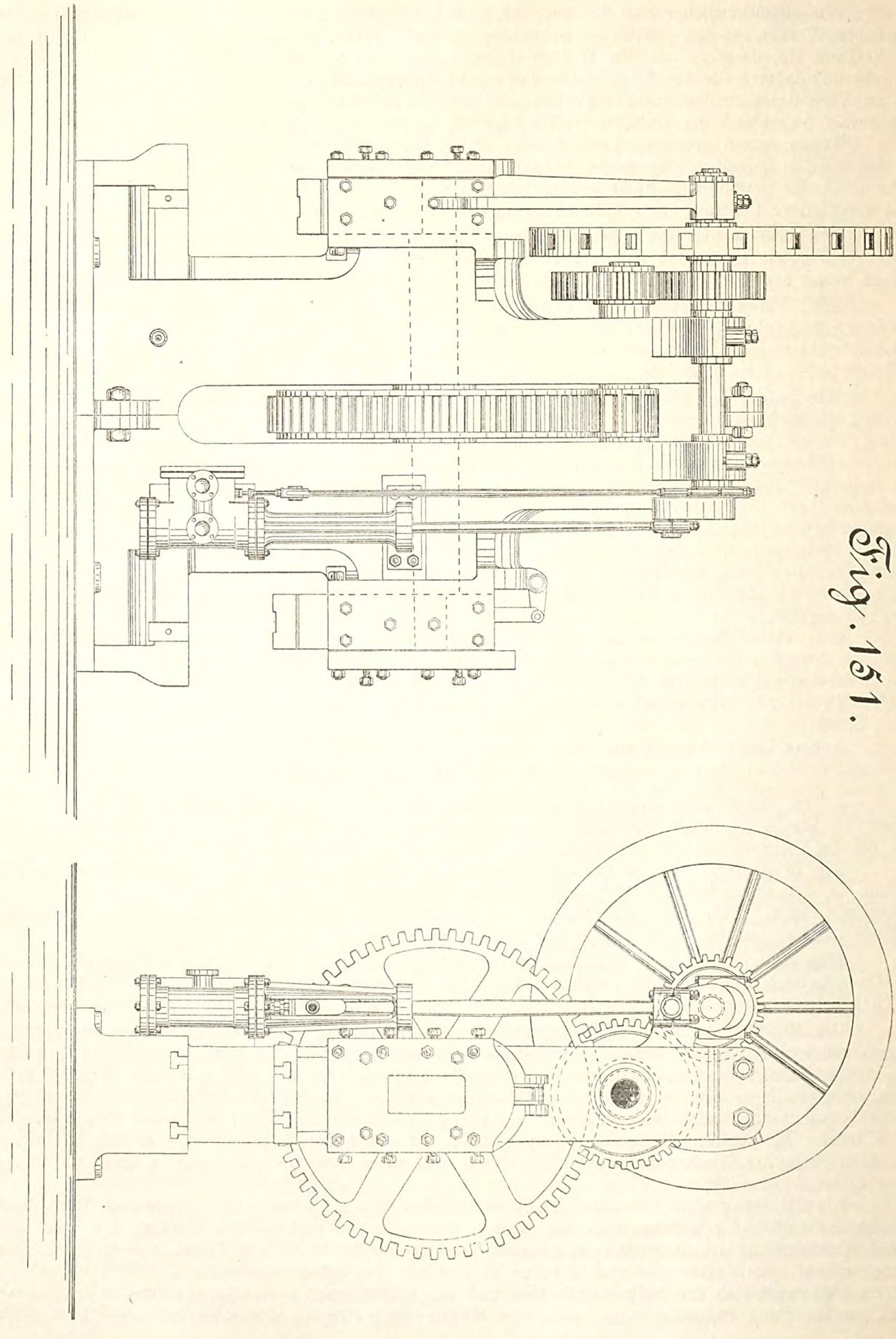


Fig. 151.

befestigten, aus Stahl geschmiedeten hydraulischen Presscylindern; die beiden Kolbenstangen drücken auf den Stempelhalter, wodurch sich die Pressung vollzieht.

Die oben erwähnte Presse besteht nun aus einem Obertheil, welches als schmiedeeiserner Kastenträger ausgebildet ist und einem Untertheil aus Gusseisen, mit jenem durch vier kräftige schmiedeeiserne Säulen verbunden. In letzteren führt sich der auf- und abgehende Stempelhalter. Oben auf dem schmiedeeisernen Obertheil befindet sich ein kleiner Dampfcylinder von 350 mm Hub. Dieser Dampfcylinder, dessen Kolben ebenfalls von der am grossen Dampfcylinder sitzenden Steuerung gesteuert wird, hat den Zweck, die Presse zu öffnen und zu schliessen, d. h. derselbe lässt den Stempelhalter mit dem Stempel heruntersinken bis auf das zu pressende Material; alsdann erst tritt der grosse Dampfcylinder und die grosse Hydraulik in Aktion und bewirkt die Pressung. Im weiteren Verfolg hebt der kleine Dampfcylinder mittelst seines Kolbens den Stempel so hoch in die Höhe, dass die gepresste Schwelle leicht herauszunehmen ist, während welcher Zeit der grosse Dampfkolben durch sein eigenes Gewicht wieder auf den Boden des Cylinders heruntersinkt, so dass alsdann dasselbe Spiel wieder von neuem beginnen kann.

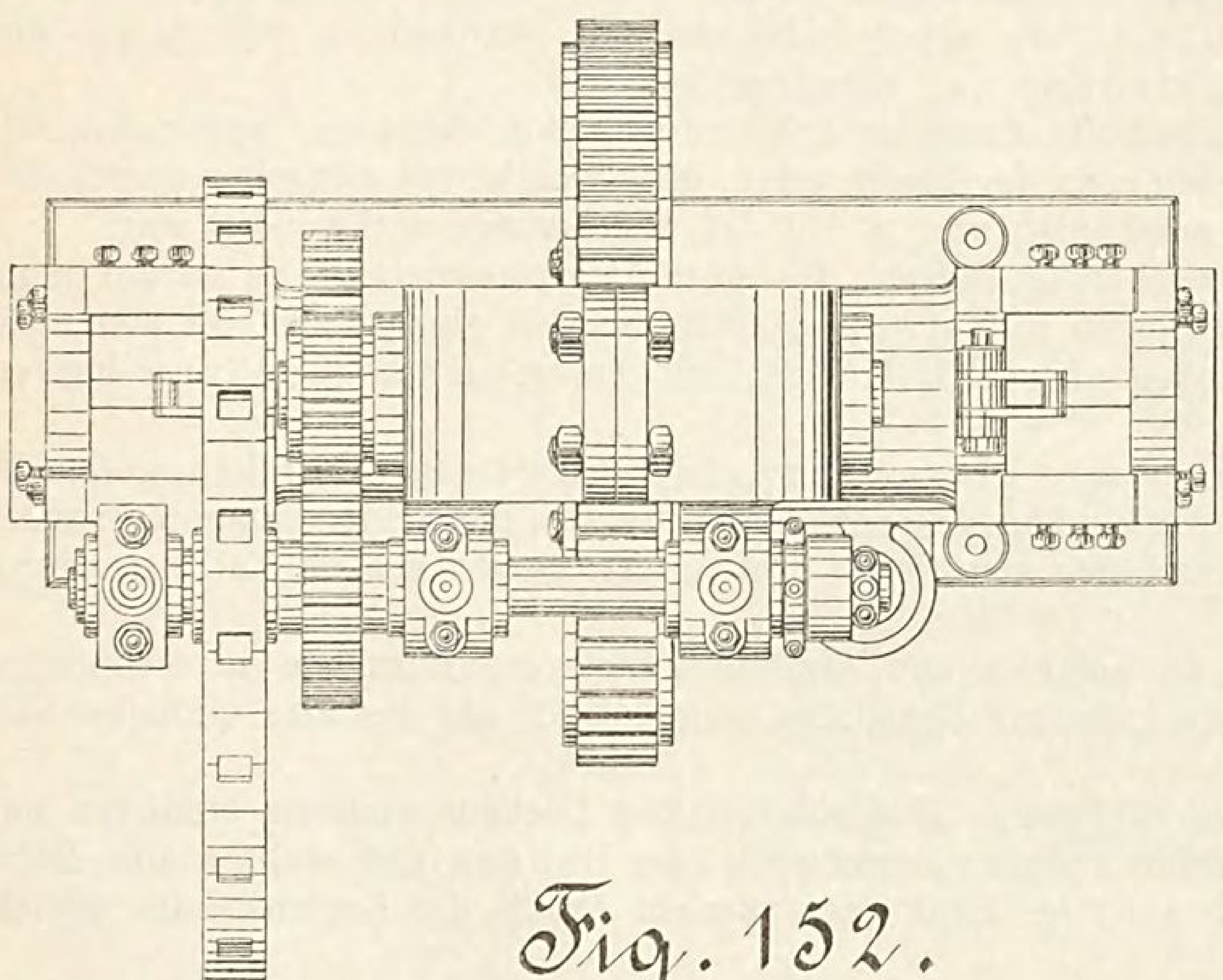


Fig. 152.

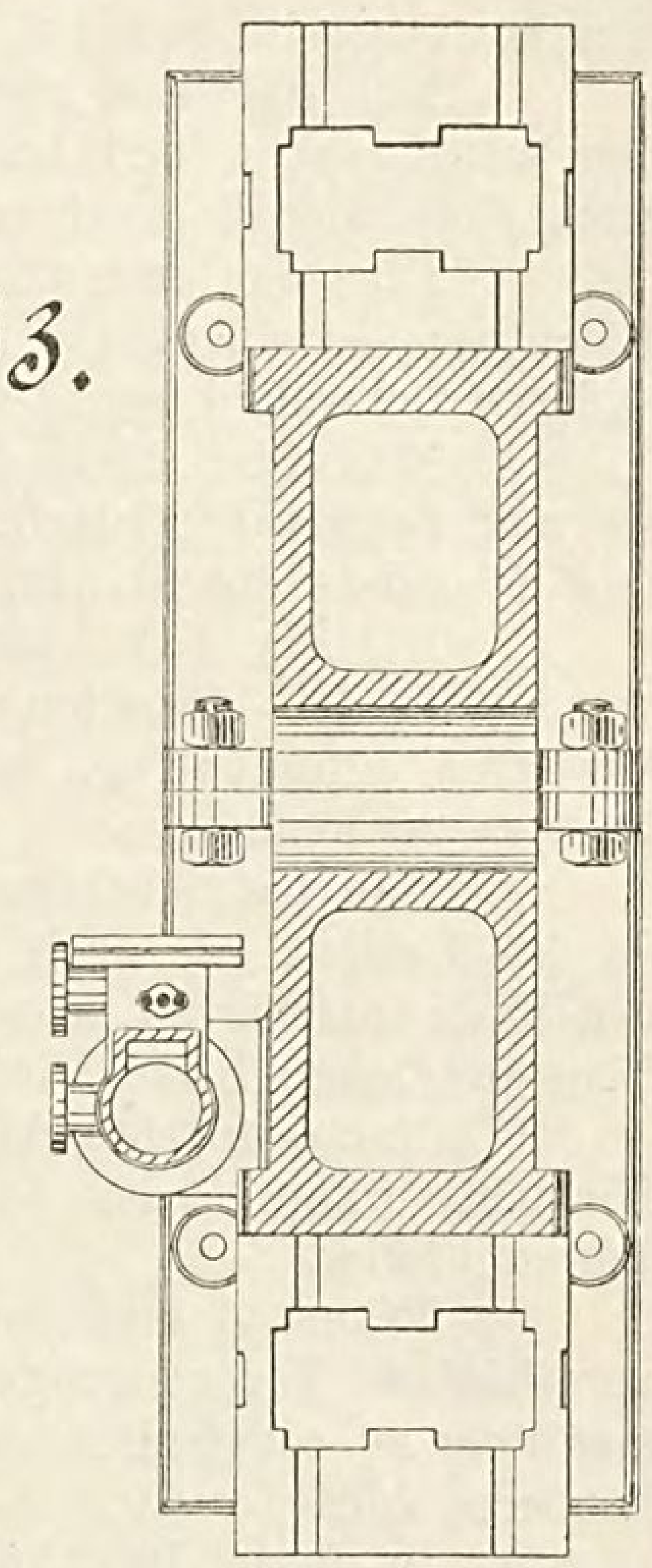


Fig. 153.

Der Gesammthub des Stempelhalters beträgt 350 mm; wovon die Hälfte, 175 mm, allein durch die Wasserdruckübersetzung ausgeübt werden kann. Da die Pressung selbst bei verschiedenen Sorten von Schwellen verschieden gross sein kann, so ist, um bei der Pressung diese Differenzen auszugleichen, über dem hydraulischen Pumpencylinder noch ein kleines Wasserreservoir mit selbstthätigem, durch die Steuerung wirkenden Ventil angebracht, welches den Zweck hat, gleichviel ob die zur Anwendung kommende Matrize hoch oder niedrig ist, stets den ganzen Raum (in den Röhren etc.) zwischen den beiden grossen hydraulischen Kolben und dem Pumpenkolben voll Wasser zu halten.

Zur Ausgleichung des Gewichtes des Stempelhalters sind symmetrisch auf dem oberen Theil, resp. Träger noch zwei kleine Dampfcylinder angeordnet, welche beständig unter Druck stehen. Beim Heruntergange des Pressstempels drücken deren Kolben den Dampf in die Leitung zurück, welcher beim Aufgange wieder eintritt und so das Heben des Stempelhalters erleichtert; sie ersetzen somit die Contregewichte dafür, ohne an und für sich Dampf zu consumiren. Das Gewicht der completen Presse beträgt ca. 46 500 Kilo. — Der Durchmesser des grossen Dampfcylinders beträgt 1160 mm; die Kolbenstange, welche gleichzeitig als Pumpenkolben in dem über dem grossen Cylinder sitzenden Pumpencylinder arbeitet, hat einen Durchmesser von 116 mm und die beiden im Obertheil der Presse befindlichen Presscylinder haben je 230 mm Durchmesser. Die von der Presse ausgeübte Leistung richtet sich nach dem zur Verfügung stehenden Dampfdruck. Es beträgt z. B. bei 4 Atmosphären Dampfdruck der auf den

grossen Dampfkolben ausgeübte Druck 10568,3 × 4 = 42273,2 Kilo. Der Flächeninhalt der verlängerten Kolbenstange, d. h. des Plungers im hydraulischen Pumpencylinder ist $\frac{11,6^2 \cdot \pi}{4} = 105,69$ cm und der von derselben ausgeübte Druck 400 Kilo pro Quadratcentimeter. Dieser wird in die beiden im Obertheil der Presse befindlichen Presscylinder übertragen, dieselben haben einen Durchmesser von 23 cm = 415,4 qcm; folglich beträgt der erzielte Druck 2 × 415,4 × 400 = 332320 Kilo. Hierbei ist angenommen, dass der Reibungswiderstand, durch Kolben und Manschetten hervorgerufen, durch das Uebergewicht des Stempelhalters ausgeglichen wird.

Sonstige Vollendungswerkzeuge.

§ 913. Zu der Vollendung der Walzwerksprodukte gehören nunmehr noch einige Arbeitsmaschinen, deren Charakteristik, wie auch eigentlich schon die der Richtmaschinen, in das Gebiet der metallurgischen Technologie gehörte, wenn nicht sich in der Praxis der Eisenwerke die Vollendungsarbeiten für einzelne Artikel eingebürgert hätten, wie Eingangs dieses Anhangs zum vierten Abschnitt bereits bemerkt worden ist.

Man überlässt aber bei der Wahl und Beschaffung solcher Mechanismen die volle Verantwortung den ausführenden und liefernden Specialisten, nachdem man sie mit den zu stellenden Anforderungen nach Höhe und Beschaffenheit bekannt gemacht hat.

Eine der ersten von den Walzwerken übernommenen Arbeiten war das Lochen der Theile des Eisenbahnoberbaues, als man die Schienenstühle abgeschafft und zur Anwendung von Quer- und anderen Schwellen sowie zur Laschenverbindung etc. übergegangen war.

Man durchstiess den Schienensteg und die Laschenstücke einfach mit ähnlichen Apparaten, wie sie zum Lochen der Bleche angewandt wurden, mit der Modification, dass man etwas einfacher construirte und besonders die Ständer nicht mehr so ausschnitt, wie es bei der Blechwaare nothwendig war.

Die Fig. 151—153 geben ein ausreichendes Beispiel für solche Vorrichtungen. Es ist nur nothwendig, in den bewegten Theil einen Stahlbolzen mit etwas scharfen Kanten einzusetzen, in den nicht bewegten unteren Theil einen passenden, oben offenen Hohlkegel, um eine geeignete Lochung hervorbringen zu können.

Man hatte bekanntlich beim Lochen der Flusseisenwalzprodukte Schwierigkeit gefunden, da das Lochen, wie auch manchesmal das Ausklinken des Schienenfusses für die Schienennägelaufnahme, den Stab entschieden zu schwächen schien und sich von diesen Stellen aus, namentlich im Fall besonderer Beanspruchung, Risse leicht zeigten.

Man versuchte darauf die Löcher zu bohren und erzielte günstigere Resultate in technischer Hinsicht, während der Ausweg sich in ökonomischer Beziehung ungünstiger als das alte einfache Verfahren erwies.

Während nunmehr einzelne Werke die ganze Manipulation des Lochens genauer studirten und verschiedene Veränderungen versuchten, griffen andere unverzüglich zum Bohren und suchten eine Bohrmaschine zu construiren, welche womöglich auch im Punkt der raschen Arbeit der Lochmaschine gleichkommen würde.

In dieser Beziehung verdient eine schon vor mehr als 12 Jahren auf den Edgar Thomson Works angewandte Bohrmaschine an erster Stelle erwähnt zu werden, welche im Engineering 1878, Vol. 25, S. 383, sich beschrieben findet.

Sie löst anscheinend das Problem der ökonomischen Concurrenz mit der damaligen einfachen Lochmaschine durch die gleichzeitige Anwendung mehrerer Bohrspindeln, von denen eine ein fest am Ständer sitzendes Lager hat, während die Lager der beiden anderen Spindeln verstellbar sind, um jede gewünschte Distanz zwischen den Löchern am Schienenende einhalten zu können.

Zu diesem Behufe können sie auf einer mit drei Horizontalschlitzen versehenen Brustplatte hin- und hergeschoben und auf der betreffenden Stelle durch Schrauben, deren Köpfe hinter die Brustplatte greifen, befestigt werden. Die Transmission ist ebenso beweglich angeordnet, indem auf kantigen Wellen eine Büchse mit dem an einer Seite angeschlossenen Konus sich verschieben lässt, um jederzeit in den Konus an der Bohrspindel eingreifen zu können. Die Einzelheiten sind aus der Quelle zu ersehen, welche auch Durchschnitte gibt.

Es ist selbstverständlich, dass jede andere geeignete und rasch arbeitende Bohrmaschine zu dem gleichen Zweck gebraucht werden kann und es ist die Auswahl einer solchen wieder mehr eine Sache des Specialisten.

§ 914. Noch muss einer Vorrichtung gedacht werden, ohne welche die auf den Walzwerken zu geschehen habende Vollendung der Produkte keine vollständige ist. Der Warmscheerenschnitt ruft auf der Stoss- oder Schnittfläche leicht Streifungen und Rinnen hervor, abgesehen von Rändern und Graten, welche das Zusammenstossen solcher Stäbe im Fall einer genauen Längenverbindung erschweren.

Dies findet namentlich beim Eisenbahnoberbau statt, wobei es auf eine möglichst glatte Schienenverbindung ganz wesentlich ankommt. Man ist daher frühzeitig bemüht gewesen, die rohen Schnitt- oder Stossflächen durch geeignete Vorrichtungen zu glätten und von den Anhängseln zu befreien, welche der Warmschnitt hinterlässt.

Namentlich ist es die Fraise, welche als ein geeignetes Werkzeug zu solchem Zweck sich darstellte, ein Rotationskörper mit verzahnter Fläche, der wie eine fortdauernd bewegte Feile wirkt.

Zum Glätten und Bearbeiten der Schienenstösse wendet man Fraisen an, deren kreisförmige Vorderfläche mit radialen oder leicht gerundeten Hieblinien versehen ist, wie die Oberfläche eines Mühlsteines. Die betreffende, genau gearbeitete und gehärtete Stahlscheibe kommt auf eine andere mit den erforderlichen Nuthen etc. zum Befestigen vorgerichtete Platte, welche an einer in der Längsrichtung beweglichen Axe sitzt, die durch Räder oder eine sonstige Transmission ihren Antrieb erhält.

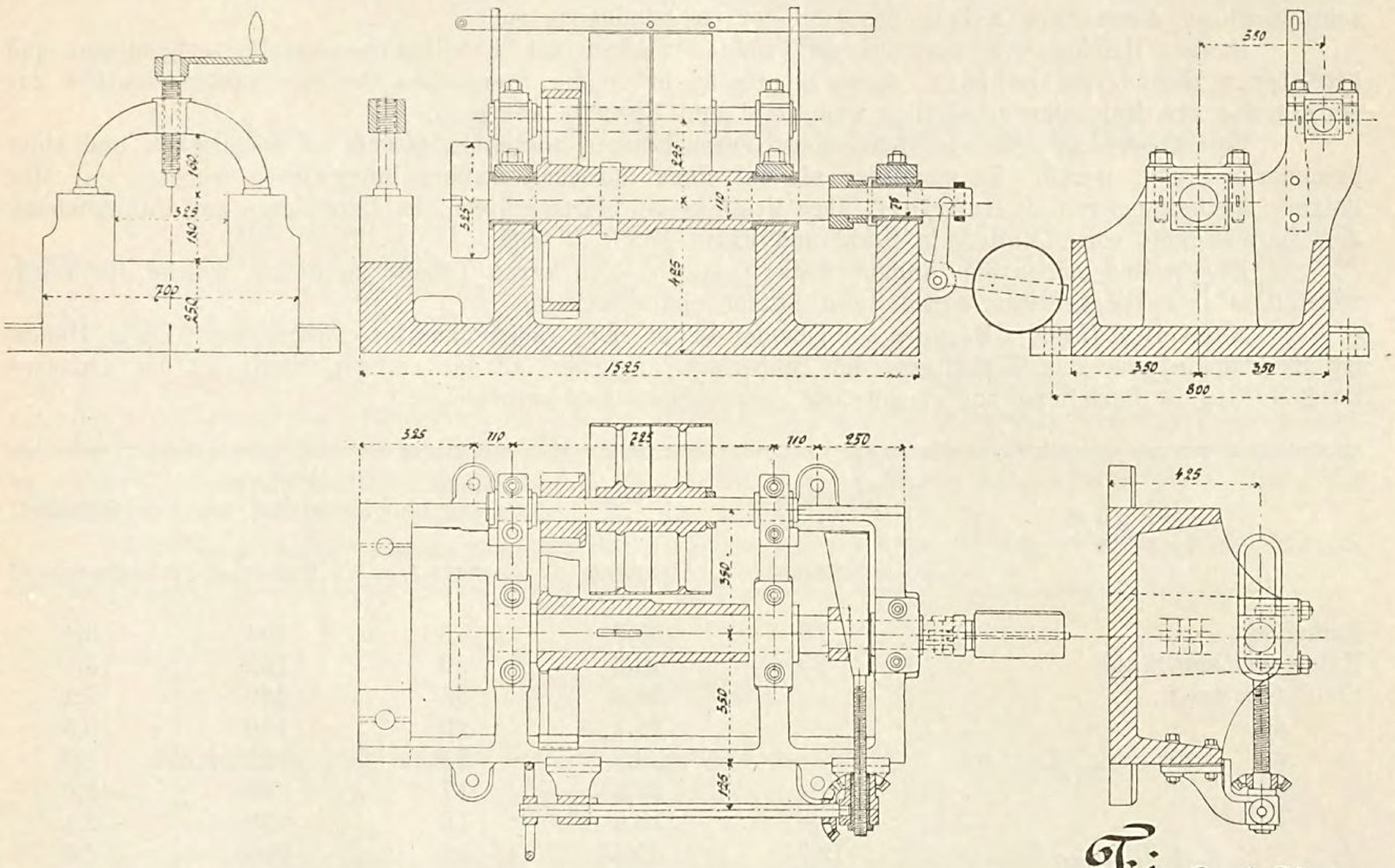


Fig. 154

Eine Vorrichtung mit Stellschraube drückt die Fraise nach und nach immer mehr an die zu bearbeitende Fläche an, während ein Gegengewicht die Axe zurückzieht, sobald man die Anstellschraube zurückbewegt. Eine solche in Walzwerken thatsächlich angewandte Fraisbank ist in der Fig. 154 dargestellt und im Aufbau leicht verständlich.

Ein schweres, aus einem Stück hergestelltes Ständergerüst führt die Axe des Fraisers in drei Lagern und Ständern, wovon die beiden mittleren noch Seitenäste zur Einlagerung der Antriebswelle haben. Der vorderste Ständer, mit Schraubenbügel versehen, dient zum Einlegen und Festmachen des Stabkopfes; das andere Stabende muss natürlich durch einen Bock etc. unterstützt sein.

Eine lose und eine feste Riemenscheibe mit Riemenverschiebung vermitteln den Antrieb, welcher von der Riemenscheibenwelle durch eine Zahnradübersetzung auf die Fraiserwelle übertragen wird. Die Construktion des kleineren Triebes gestattet dabei die erforderliche geringe Verschiebung der Fraiseraxe.

Diese Verschiebung wird, wie die beiden unteren Skizzen der Fig. 154 andeuten, durch einen besonderen Mechanismus bewirkt, dessen Bewegung von einem an der Arbeitsseite der Vorrichtung angebrachten Stellrad ausgeht.

Dasselbe bewegt mit Konusübersetzung eine fest gelagerte Schraubenmutter und dadurch eine Spindel mit schwachsteigendem feinen Gewinde, an welcher ein keilförmiger Bügel befestigt ist, der ein die Fraiserwelle umschliessendes Lagerstück seitlich verschiebt, so dass beim Anziehen des Bügels der Fraiser gegen den Stoss des Walzstückes hin sich bewegt. Der Rückgang wird durch ein Gegengewicht mit Hebel erleichtert, welches auf das freie Ende der Axe einwirkt.

Schlussbemerkung.

§ 915. Bezüglich der Vollendwerkzeuge überhaupt ist im Allgemeinen Ledebur's Metallbearbeitung zu consultiren, in welcher besonders die speciellen Vollendapparate der sogen. Ajustage der Walzwerke ebenso übersichtlich als eingehend behandelt sind.

Auch Wiebe's Skizzenbuch; Petzholdt's Werk über die Abnahme der Schienen; die Zeichnungen der „Hütte"; die Publikationen von Armengaud etc. enthalten Brauchbares.

Es wird aber selbst von sehr grossen Werken immer mehr der Weg eingeschlagen mit Specialfabrikanten in Verbindung zu treten, sofern nicht eine sehr grosse Anzahl von Vollendmaschinen gleicher Art, die Einrichtung einer eigenen Fabrikation lohnte.

Aber selbst in diesem Fall kann der Bezug einer grösseren Anzahl billiger ausfallen als die eigene Herstellung und entspricht auch mehr dem Princip der Arbeitstheilung, in dessen möglichst schrankenloser Anwendung allein das Heil der Grossindustrie ruht.

Etwas Gleiches gilt von den auf vielen Werken zur Fabrikationscontrole vorhandenen und betriebenen Zerreissmaschinen, deren Benutzung neben der chemischen Controle ausserordentlich zur Aufklärung der Molecularverhältnisse von Stahl und Eisen beigetragen.

Es ist noch zu früh vielleicht, diese Vorrichtungen zusammenfassend zu beschreiben und einer besonderen Studie werth. Es mag hier als auf einen hübschen Anfang hingewiesen werden, auf eine längere Mittheilung von M. Rudeloff, über Festigkeitsprobirmaschinen, im Besonderen zur Untersuchung der Zugfestigkeit von Metallen, in Stahl und Eisen 1888, S. 809.

Einstweilen sei es hier anhangsweise gestattet eine kurze Tabelle zu geben, welche die Wirksamkeit solcher Werkstätten, sowie ihren Nutzen charakterisirt.

Aus Considère*): Mémoire sur l'emploi du fer et de l'acier dans les constructions; Paris, Dunod, ist die Tabelle über das Verhältniss der Einheitsverlängerung an der engsten Stelle zu der zwischen zwei Marken in Beziehung zur chemischen Zusammensetzung entnommen:

Sorten		Elasticitätsgrenze L/kg/qmm	Bruchbelastung R/kg/qmm	Einheitsverlängerung zwisch. 2 Marken im Mittel A/00	Einheitsverlängerung an der engsten Stelle A/00	Verhältniss A/a = n
Feineisen		19	30,3	33	104	3,1
Extra weicher Stahl		25	40,3	26	132	5,1
Stahl Creusot		—	39,3	35	260	7,4
do.		—	46,7	29	160	5,5
do.		—	59,7	23	90	4,0
do.		—	72,0	17	45	2,6
do.		—	78,0	13	28	2,1
Stahl von Terre noire	0,15/00 *C*	19,37	35,45	31	200	6,4
	0,49/00 „	25,42	48,77	22	67	3,0
	0,809/00 „	32,47	66,15	11	22	2,0
	0,875/00 „	33,76	70,32	5	9	1,8
Stahl Manganhaltig	0,20/00 *Mn*	25,42	48,77	22	67	3,0
	1,06/00 „	33,8	64,0	19	69	3,6
	1,30/00 „	42,8	79,7	14	45	3,2
Stahl mit Phosphor	0,31/00 *P*	37,8	55,1	15	31	2,1
	0,25/00 „	34,4	56,7	23	92	4,0
Chromstahl von Unieux		46,0	72,0	15	220	14,0
		59,0	92,0	14,5	64	4,4

Vergl. Wagner's Bericht 1887, S. 479.

*) Der Verfasser fand 1876 bei einer im Auftrag des Technischen Vereins für Eisenhüttenwesen ausgeführten Reise in das Becken von St. Etienne (vergl. den Reisebericht: Zeitschrift des Vereins v. J. 1876, S. 643) Herrn Considère, früher Brücken- und Wegbau-Ingenieur, als Direktor der Werke Aciéries de St. Etienne, zu La Chaléassière, sehr beschäftigt mit Untersuchungen über die Molecularverhältnisse des Eisens. Er zeigte dem Verfasser eine grosse Zahl von Aetzungen verschiedener Querschnitte, hinsichtlich welcher der Verfasser ihm seine eigenen Wahrnehmungen aus den Jahren 1867 bis 70 mittheilen konnte.

Fünfter Abschnitt.

Einrichtung und Betrieb der Züge für Draht und Röhren.

§ 916. Die hierher gehörigen Processe, deren technologische Grundlagen bereits früher berührt worden sind, zerfallen wesentlich in zwei verschiedene Gruppen, von welchen die eine Alles einschliesst, was auf Herstellung und Behandlung des gezogenen Drahtes Bezug hat, während die zweite Dasjenige enthält, was die Röhrenfabrikation anlangt.

Es sind hierbei nicht nur die Apparate und Vorschläge zur Herstellung selbst, sondern auch eine Reihe zusätzlicher Operationen etc. zu behandeln, welche theils die Fabrikation erleichtern, theils dieselbe vervollständigen. Besonders ist dies bei dem Draht der Fall, bei welchem in seiner Herstellung seit 15 Jahren ganz ausserordentliche Verbesserungen zu Tage getreten sind, theils um die Produktion zu steigern, theils um Manches zu beseitigen, was als alte Ueberlieferung fesselnd der Entwickelung der Drahtindustrie im Wege war und noch ist.

Umständliche Zwischenprocesse sind durch andere, energischer wirkende zu ersetzen und dadurch ökonomisch günstigere Gesammtresultate herbeizuführen versucht worden.

1. Kapitel.

Einrichtung und Betrieb der Drahtzüge und der übrigen zur Drahtfabrikation nothwendigen Apparate.

§ 917. Wie bereits angedeutet, wird der Draht, soweit er nicht durch Walzen hergestellt wird, durch Ziehen durch eine Reihe von im Durchmesser nacheinander abnehmenden Löchern hergestellt und dazwischen einem Glühen unterworfen, um die Härte des Kaltziehens wieder zu beseitigen, unter Zuhilfenahme verschiedener Nebenmanipulationen.

Das Ziehen erfolgt durch Aufwickeln des zugespitzten und mittelst eines Zuges von der Hand eine Strecke durch das Eisen gezogenen Endstückes auf einer eisernen, nach oben konischen Trommel, welche von Transmissionen in Bewegung versetzt wird.

Der Materialdraht wird gewöhnlich auf einem Haspel in den Zug eingestellt, ebenso zieht man die auf der Ziehtrommel aufgewickelte neue Drahtrolle ab und bringt sie auf einen Haspel, um sie weiter zu ziehen. Der Haspel muss vollkommen beweglich sein und muss dem Spiel der Trommel insofern folgen, als seine Drehung durch die grössere oder geringere Geschwindigkeit bedingt wird, mit welcher der Draht das Ziehloch passirt.

Die Einrichtung einer Ziehbank geht aus den Fig. 155a und 155b hervor, welche eine Anlage auf einem lothringischen Eisenwerk darstellen.

Fig. 155a enthält zu oberst ein Längsprofil der Ziehbank mit theilweise weggenommener Verkleidung und durchschnittenem Fundament. Darunter befindet sich ein Grundriss des Gerüstaufbaues der Bank mit punktirt gezeichneten Transmissionen (Zahnrädern).

Man sieht leicht, dass die letzteren der Art angeordnet sind, dass die Trommeln immer gleichsinnig laufen, damit ganz leicht von einer Axe auf die andere gezogen werden kann, nachdem ein Haspel auf die Axe gesteckt ist.

Unter den beiden besprochenen Skizzen ist links eine Skizze der Anordnung des Zieheisens im Verhältniss zur Trommel (Grundriss) und ein Querschnitt durch die breitere Bank.

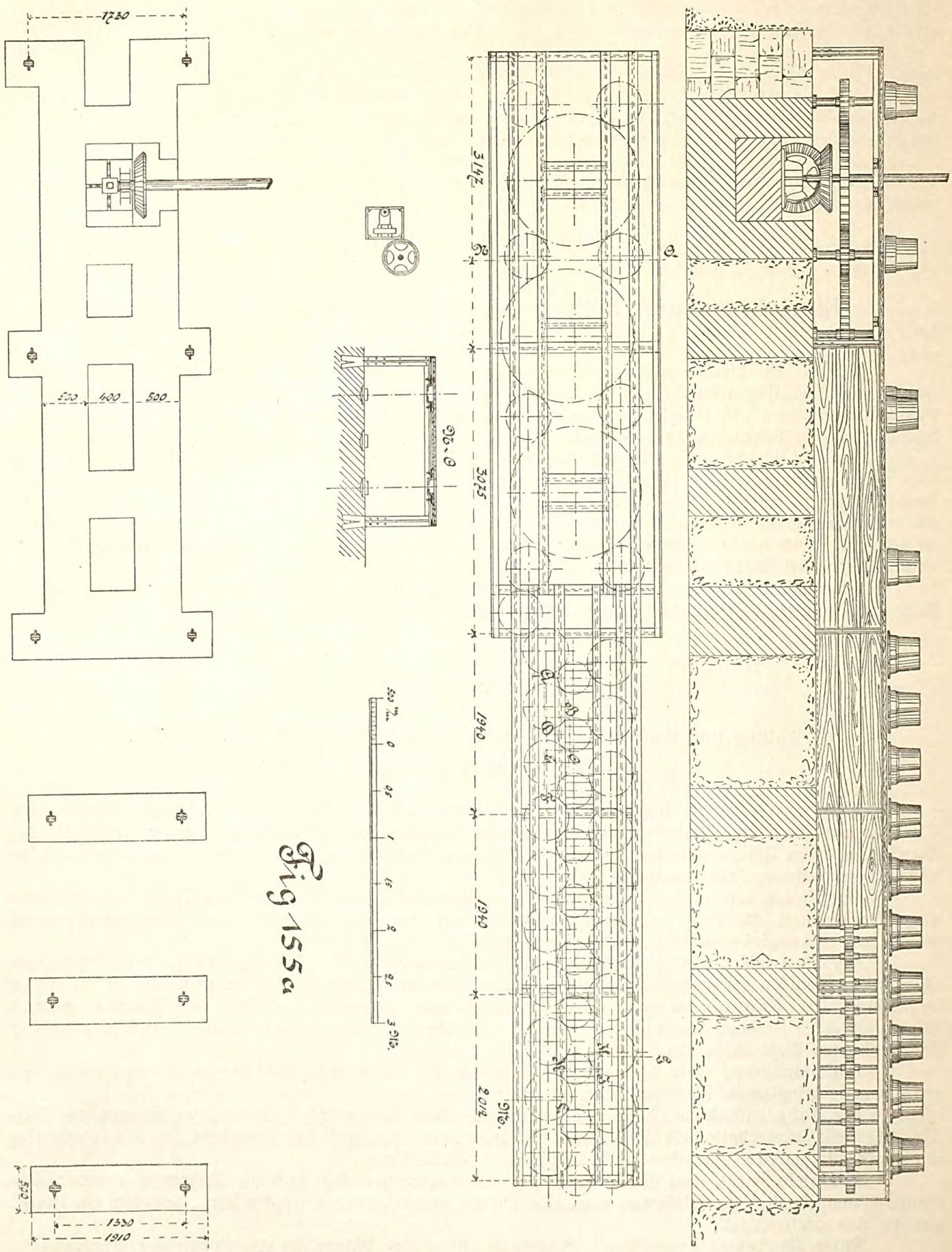


Fig. 155a

Ganz zu unterst ist ein Grundriss des Fundamentmauerwerks, welches wegen der grossen Anzahl von Stössen und dem fortwährenden Rütteln des Ganzen recht fest und sorgfältig angelegt sein muss.

Man ersieht mit Leichtigkeit aus dem Tischgrundriss der Fig. 155a und den Querschnitten der Fig. 155b (nach verschiedenen, im Grundriss näher bezeichneten, gekröpften Linien) wie die Transmissions- und die Trommelwellen gestellt sind.

Im breiten Theil der Bank sind drei grosse Transmissions- und acht Trommelgetriebe. Das erste Transmissionsgetriebe bewegt vier Trommelgetriebe gleichsinnig. Durch das eine der Trommelgetriebe übersetzt sich die Bewegung auf das zweite Transmissionsrad und bewegt dies im entgegengesetzten Sinn, d. h. aber gleichsinnig dem ersten Transmissionsrad, welches durch Konusübersetzung von dem Motor aus angetrieben wird. Ebenso überträgt sich die Bewegung auf das dritte Transmissionsrad, welches ebenfalls eine gleichsinnige Drehung wie die beiden anderen besitzt. Es drehen sich mithin von diesen Grobzügen alle acht Trommeln in gleichem Sinn.

Eine ähnliche Verbindung findet unter den Getrieben der darauf folgenden Feinzüge statt, deren erste, aus drei Trommeln mit Centralgetriebe bestehende Gruppe durch eine besondere Getriebeumsetzung mit dem letzten Drahttrommelgetriebe in Verbindung steht, also im gleichen Sinn gedreht wird.

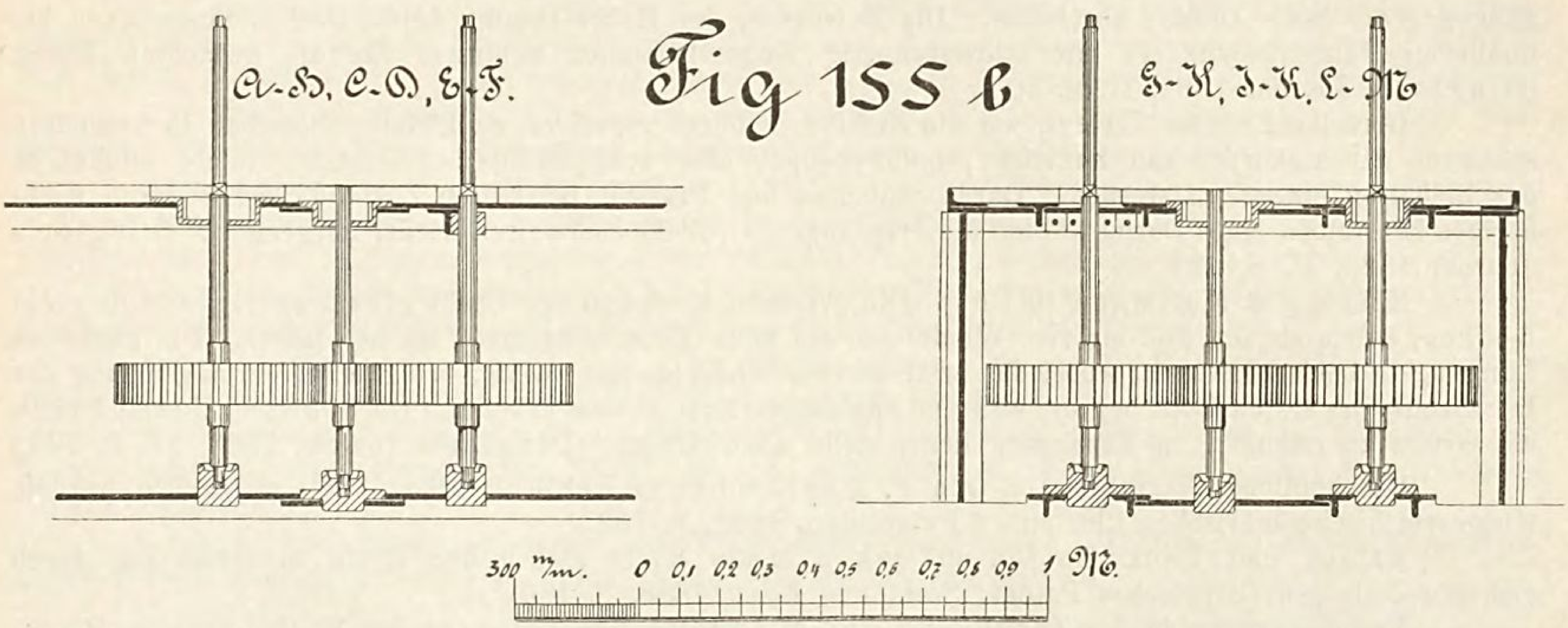


Fig 155 b

Die Lagerungsdetails erhellen aus den Durchschnitten der Fig. 155b, während der Durchschnitt nach NO. auf der Figurengruppe 155a zeigt, wie die Tisch- oder Bankpfosten in das Fundament eingegossen sind. Die Enden des T-Stabes sind aufgeschlitzt und auseinander gebogen, um nicht so leicht herausgerissen werden zu können.

Die Antriebaxe kommt gewöhnlich aus einem Nachbarraum, wo die Maschine steht oder eine Haupttransmission sich findet.

§ 918. Die im Vorstehenden geschilderten gewöhnlichen Ziehvorrichtungen sind, wie alle Drahtindustriesachen, Gegenstand vieler Verbesserungen gewesen und geworden, besonders in maschineller Hinsicht und unter möglichster Berücksichtigung der Natur des Materials.

Im Folgenden wird eine engere Auswahl des Gebotenen unter möglichster Ausscheidung des Zweifelhaften gegeben, die deshalb natürlich keinen Anspruch auf absolute Vollständigkeit macht.

J. Sprague Winsor in Providence (Rhode Island, Ver. St. v. N.-A.) hat einen Drahtzug construirt, welcher neben grösserer Festigkeit und Leichtigkeit der Aufstellung eine gewisse Selbstständigkeit der Apparate zu erzielen sucht.

Der angespitzte Rohrdraht wird dabei von einer durch eine Scheibe hin und her bewegten Zange bis auf die zur Befestigung auf der Trommel erforderliche Länge gezogen, wobei Aus- und Einrücken der Vorrichtung durch eine Klinkerscheibe erfolgt.

Gegen die Folgen eines Reissens des Drahtes vor Beendigung des Zuges hat der Erfinder nachstehende Vorsichtsmaassregeln getroffen.

Eine Feder, welche während des Ziehens ohne Wirkung bleibt, tritt in Thätigkeit, sobald der Draht reisst, und zieht alsdann die ganze Vorrichtung, welche das Zieheisen hält, aus der vorher tangential zur Trommel befindlichen Arbeitsstellung heraus; dabei wird unter dem Ziehtisch ein langer Hebel zurückgeschnellt, dessen anderes Ende die Trommel von der Transmission abkuppelt und still stellt (nicht die ganze Maschine, wie manche Besprechung der Vorrichtung vermuthen lässt).

Um den aufgewickelten und nun plötzlich abgespannten Draht vor dem Entrollen und Herunterfallen zu sichern, ist eine an einem Arm befestigte Bremse angeordnet, welche sich auf das Drahtbündel auflegt und bei eintretendem Reissen die Drahtrolle hält.

Ebenso ist an dem Haspel, welcher deshalb beweglich und in einer scharnierartigen Vorrichtung angebracht ist, eine für den Fall der Unordnung — sei es durch irgend ein Hinderniss oder durch zu starken Zug — selbstthätig wirkende Ausrückvorrichtung angebracht.

Die Zweckmässigkeit der Einrichtungen wird besonders wegen des Schutzes der Arbeiter gegen die Verletzungen durch den abgerissenen und schleudernden Draht betont.

Aehnliche selbstthätige Sicherheitsvorrichtungen und Hilfsmittel haben Charles Dake Rogers (Rhode Island, Ver. St. v. N.-A.) und Prillwitz in Berlin ausgedacht und sich schützen lassen. (Wedding in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses etc. 1880, S. 227 und 478.)

§ 919. Zur Erleichterung des Abstreifens der aufgewickelten Drahtrollen versieht C. D. Rogers in Providence (Rhode Island, Ver. St. v. N.-A.) die Drahtziehtrommeln mit einer besonderen Einrichtung, die eine leichte und regelmässige Abnahme der aufgewickelten Drahtrollen bezweckt.

Zu diesem Behufe treten aus Verticalschlitzen der Trommel Hebel heraus, welche, nach oben steigend, die Rolle einfach abstreifen. Die Bewegung der Hebel erfolgt durch Drehen eines innen befindlichen Führungscylinders mit schraubenartig eingeschnittenen Schlitzen für die gedachten Hebel. (Dingler's Journal 1882, II, S. 30.)

Derselbe Erfinder verlegt, um die Ziehlöcher leicht repariren zu können, dieselben in besondere stählerne Einsatzkörper von kugeliger, halbkugeliger oder stumpf-konischer Gestalt, welche einfach in das Zieheisen eingesetzt werden. Durch Stauchen und Pressen im kalten Zustand, sowie durch nachheriges Eintreiben eines Dorns werden die ursprünglichen Ziehlöcherweiten wieder hergestellt. (Dingler's Journal 1882, II, S. 31.)

Kissing & Möllmann in Bösperde (Westfalen) ziehen den Draht gleichzeitig durch zwei Löcher, indem sie ihn drei bis vier Windungen auf einer Zwischentrommel machen lassen. Die ungleiche Längung in beiden Löchern, wobei das erste stärker wirkt als das zweite, bringt eine Verlangsamung des Durchzuges im ersten Loch hervor, während das zweite fortwährend arbeitet. Ob in diesem Umstand nicht ein Grund zu ungünstigen Resultaten liegt, bleibt abzuwarten. (Dingler's Journal 1883, IV, S. 296.)

Ein ähnliches Verfahren ist von P. Mühlbacher in Ferlach schon 1880 angegeben worden. (Oesterreichisch-ungarisches illustrirtes Patentblatt 1882, S. 132.)

Alfred und Thos. Bolton in Oak a Moor Mills ziehen den Draht in einem Zug durch mehrere Zieheisen (Brittisches Patent; Stahl und Eisen 1888, S. 480).*)

Verbesserungen in der Zuführung und Mitnahme des Drahtes hat H. Roberts in Pittsburg angegeben (Stahl und Eisen 1883, S. 581, und Dingler's Journal 1883, IV, S. 296), während Gerhardi in Lüdenscheidt zur Vermeidung von Zerreissen des einzuziehenden Drahtendes eine andere Befestigung der Drahtzange an der Trommel vorschlägt. Die Kette der ersteren wird nicht, wie jetzt allgemein, an der Trommel angeschraubt, sondern an eine in der Drahttrommel befindliche Feder angeschlossen.

Setzt man die Trommel in Bewegung und fasst die Zange den einzuziehenden Draht, so wird durch den Zugwiderstand im Zieheisen die Kette zunächst nicht mit der Drahttrommel gehen, sondern die Feder zusammenpressen, bis die dazu erforderliche Kraft dem Widerstand im Zieheisen das Gleichgewicht hält. Erst dann folgen Kette und Zange der Trommel mit gleichmässiger Geschwindigkeit.**)

Eine Drahttrommel mit excentrischem Anzug hat sich Hugo Kuhne in Hagen zu ähnlichem Zweck wie bei der vorher beschriebenen Einrichtung patentiren lassen, um namentlich das ruckweise Erfassen des Drahtes zu vermeiden, was zum Reissen Veranlassung geben kann.

Die Zangenkette, an der Stelle des kleinsten Radius einer an der Trommel befestigten excentrischen Fläche angehängt, zieht erst langsam, dann immer schneller, je mehr das Excenter in die Basisfläche der Trommel übergeht (D. R.-P. No. 25651; Dingler's Journal 254, S. 330).

Derselbe Erfinder hat auch eine selbstthätige Auslösung vorgeschlagen, für den Fall, dass der Draht sich verschlingt oder zwischen beiden Trommeln reisst etc. (D. R.-P. No. 25276; Dingler's Journal 254, S. 329).

§ 920. Das Ziehen des Drahtes bringt eine solche Steigerung der Härte hervor, dass eine Auflockerung durch Erhitzen von jeher nach einer gewissen, sehr geringen Anzahl von Zügen als nothwendig erachtet worden ist.

Dieses Erhitzen muss bis zur Rothgluth getrieben werden und ist naturgemäss möglichst bei Luftabschluss zu bewirken, um die Glühspanbildung zu verhindern, d. h. möglichst zu beschränken.

*) Auf verschiedenen deutschen Drahtwerken finden sich ähnliche Einrichtungen mit zwischenliegenden Bädern von Kupfervitriol etc.
**) Diese und ähnliche Vorrichtungen sollen sich nicht bewährt haben.

Man wendet deshalb zum Glühen verschlossene cylindrische Gefässe an, die in eine Feuerungsanlage von passender Construktion eingesetzt werden, nachdem sie mit Drahtrollen angefüllt worden sind.

Trotz grösster Vorsicht bedeckt sich der Draht doch fast immer mit Glühspan, der vor dem weiteren Ziehen entfernt werden muss, wenn der Draht glatt und schön ausfallen soll. Diese Entfernung geschah und geschieht noch vorwiegend durch Beizen mit Säuren sowie durch Schlagen oder Putzen der Drahtrollen auf Polirbänken und anderen geeigneten Apparaten.

Abgesehen von dem Zeitaufwand, haben diese Operationen auch noch einen schädlichen Einfluss auf die Beschaffenheit des Drahtes gezeigt, und die neuesten Untersuchungen über Beizbrüchigkeit sind noch nicht abgeschlossen.

Eine Reihe von Vorschlägen und Erfindungen beziehen sich wesentlich auf Ersatz der Beize durch andere Mittel, auf Verbesserungen der Oefen zum Glühen, überhaupt auf Reinigen des Drahtes, bezw. das Vermeiden des Glühspans überhaupt.

Im Folgenden werden, ohne auf Vollständigkeit Anspruch zu machen, einige der bemerkenswertheren Neuerungen mitgetheilt.

Zuvörderst ist noch auf einige Arbeiten hinzuweisen, welche sich mit der Drahtfabrikation allgemein beschäftigen.

Ein längerer Aufsatz in Jernkontorets Annaler 1869 — Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1870, S. 203 — behandelt die Drahtherstellung aus Frischeisen und entwickelt ein deutliches Bild der Materialfrage im gedachten Fall, sowie der weiteren Behandlung des gefrischten Produktes.

Die Arbeit ist wichtig für Jeden, der heute noch berufen ist, unter bestimmten örtlichen Verhältnissen Einrichtungen zur Verwendung von Herdfrischeisen zu Draht zu machen.

Aeltere Angaben über Fabrikation von Eisen- und Stahldraht in Amerika enthält v. Tunner's Bericht über das Eisenhüttenwesen in den Vereinigten Staaten 1877, S. 133. Auch eigenthümliche Härtungs- und Anlassmethoden sowie Verzinkungen etc. finden sich darin erwähnt.

Ueber die Eisen- und Stahldraht- sowie die Drahtseilfabrikation macht M. de Nansouty Mittheilungen im Génie civil, Februar 1887 (Stahl und Eisen 1887, 225).

Sehr vollständig ist das folgende, für sich erschienene Werk: H. Fehland, Fabrikation des Eisen- und Stahldrahtes und der Drahtstifte (Weimar 1886, Voigt).

Die commerciell wichtigere Drahtlehrenfrage wird ausführlich besprochen in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Band XVIII, S. 120, und XIX, S. 714. (Vergl. auch Dürre, Wiener Bericht 1873 bis 1876.)

Auch A. Jarolimek unterzieht die Frage einer einheitlichen Drahtlehre einer sehr ausführlichen Besprechung in Dingler's Journal, Band 196, S. 205 und 410.

§ 921. Zur Vornahme und Erleichterung der Glühoperationen in der Drahtdarstellung sind verschiedene Vorschläge gemacht und Vorrichtungen erdacht worden, über welche Wedding in seiner bekannten Arbeit (Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses 1880, 227 und 478) zunächst berichtet hat.

Abgesehen von einem Vorschlag von Asbeck, Osthaus, Eicken & Co. in Hagen, welche durch Aufstellen eines Haspels mit grobem Walzdraht in einem Flammofen und direktes Ueberführen des Drahtes nach dem Walzwerk das erste Ziehen nebst Beizen, Kalken und Reinigen ersparen und auf diese Weise die Minimalstärke des Walzdrahtes auf 3 mm herunterbringen wollten, sind der nachstehenden Vorschläge und Vorrichtungen zu gedenken.

F. Meiser und H. Escherich in Schwandorf haben einen ringofenartigen Apparat mit Gasfeuerung vorgeschlagen, welcher 8—12 Töpfe aufnehmen kann und für grössere Produktionen wohl sehr empfehlenswerth, für kleinere dagegen wohl zu kostspielig ist.

F. Schmidt in Haspe hat die Glühtöpfe, ohne von der allgemeinen Form abzuweichen, mit rinnenförmigen Absätzen im Innern versehen, um Substanzen einbringen zu können, welche im ganzen Innenraum geeignete, nicht oxydirende Gase entwickeln und dadurch zur besseren Beschaffenheit der Drahteinsätze beitragen sollten (Fig. 156a).

Der Erfinder glaubte dies durch Einbringen von Kalkcarbonat, darüber Holzkohle oder Cokes und dann einer nochmaligen Decke von Kalksteinpulver zu erreichen, da, wie er erwartete, sich die freiwerdende Kohlensäure durch die Kohle zu Kohlenoxyd reduciren und so der Oxydation des Drahtes Widerstand leisten würde.

Die Ringtröge können wohl in Wegfall kommen, wenn überhaupt die erwartete Gasentwickelung eintritt, was a priori nicht feststeht, da es fraglich scheint, ob die Glühtemperatur eine erhebliche Kohlensäureentwickelung und demnächst eine entsprechende Kohlenoxydbildung hervorruft.

Schulte in Bochum hat hierfür eine Stickstoffatmosphäre im Glühtopf in Vorschlag gebracht; wie er dieselbe erzeugt, ist nicht angegeben. (Kerpely's Berichte 1881/82, S. 344.)

Als Drahtglühofen empfahl Thomas bereits sehr viel früher einen durch eine windofenartige Feuerungsanlage mit Zuleitung von Oberluft geheizten, muffelartigen Raum, woselbst in der Nachbar-

schaft der Thür die Gase am Boden abziehen. Die Vorderseite des Heizraumes ist mit dicken, gusseisernen Thüren abgeschlossen wie eine Emaillirmuffel und das Feuer tritt durch die Wand des Heizschachtes vermittelst mehrerer Oeffnungen in den Heizraum ein. Der Erfinder gibt an, dass mit 120 Stück gut getrockneter Torfsoden oder -ziegel nebst dem nöthigen Holz zum Anfeuern ein Glühraum von 785 mm ($2^1/_2$ Fuss) Höhe und 1570 mm (5 Fuss) Länge nach voller Besetzung vollkommen geglüht werden könne. (Praktischer Maschinen-Construkteur 1870, No. 6.)

§ 922. Unter den verschiedenen Verbesserungen der Drahtglühöfen ist noch der mit Gasfeuerung betriebene Apparat zu erwähnen, welcher durchaus ohne Stichflammen arbeitet, dadurch die Gefässe ausserordentlich schont und von A. Pütsch, bei Kern & Co. in Gleiwitz, jetzt ein Theil der Oberschlesischen Drahtindustriegesellschaft, erbaut worden ist. (Glaser's Annalen 1882, No. 121.)

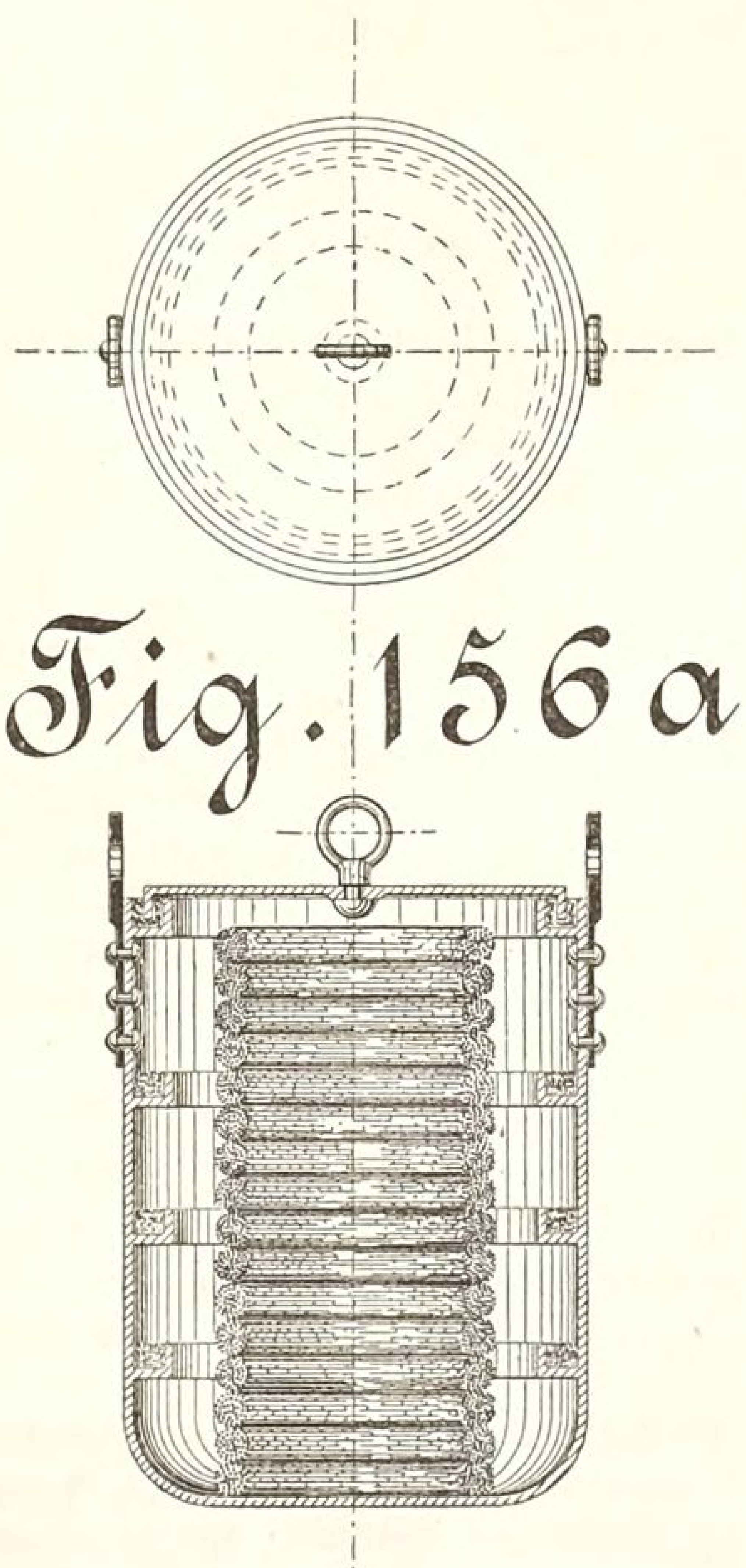


Fig. 156a.

Wie die Grundrissskizze Fig. 156b andeutet, sind sieben Generatoren gleicher Art an einem gemeinschaftlichen Gassammelkanal nebeneinander angeordnet und geben ihre Produkte dahin durch einzelne Füchse ab.

Aus dem Gassammler gehen von beiden Enden besondere Abführungen nach einem ringförmigen Vertheilungsrohr, welches mit den einzelnen Gasbrennern in Verbindung steht, die nach den ringförmig angeordneten zehn Oefen führen.

Das unter Luftzuführung im Brenner erzielte Gasfeuer umspült die Glühtöpfe und entweicht über denselben durch ein in jedem Ofendeckel angebrachtes Rohr von ∩förmiger Gestalt nach einem ebenfalls ringförmigen Rauchsammelkanal, aus dem vier Füchse die verbrannten Gase nach ebensoviel Rauchzügen oder Essen führen.

Angeblich erfordern in diesem Ofen 100 Kilo Draht 11 Kilo Steinkohlen von damals 463 Mark per Tonne. Selbstverständlich kann man anstatt der Steinkohlen auch andere Brennstoffe anwenden, wofern man die Generatoren etwas ändert.*)

Auch der bereits genannte H. Roberts in Pittsburg hat eine Verbesserung der Glüheinrichtungen versucht, indem er ringförmige Töpfe anwendet, in welche er die Drahtrollen, in feinen Sand gebettet, verpackt. Diese Töpfe, jeder einzelne mit gut schliessendem Deckel bedeckt, stellt der Erfinder aufeinander und bildet dadurch einen hohlen Cylinder, dessen Wände den Rauminhalt der vollgesetzten Töpfe einschliessen.

Dadurch, dass das auf irgend einem Rost erzeugte Feuer zuerst in dem Mittelraum der aufeinander gethürmten Töpfe abwärts streicht, dann unter dem Boden derselben, der auf einer mit hohen Rippen versehenen Grundplatte ruht, nach der Aussenseite tritt, um zwischen einem eisernen oder gemauerten Mantel und den Töpfen nunmehr wieder in die Höhe zu streichen, hofft der Erfinder die Erhitzung sehr gleichmässig zu bewirken. Da alle Töpfe einen breit vorstehenden Oberrand haben, lassen sie sich leicht mit einer geeigneten Zange packen und bewegen. (Dingler's Journal 1883, IV, 298.)

Einen Drahtglühofen mit mechanischen drehbaren Glühtöpfen hat Sam. Fox Deepcar in Sheffield construirt. Der Glühofen hat zwei Kammern mit je zwei Glühtöpfen von Gusseisen, die auf gegen das Feuer durch Sandrinnen etc. hinlänglich isolirten Drehscheiben stehen.

Das Feuer tritt von einem Rost aus zuerst in die eine Kammer, dann in die Höhe und geht über die Trennungswand beider Kammern, unter dem deckenden Gewölbe hin zur zweiten Kammer und da abwärts bei den beiden anderen Glühtöpfen vorbei in den Fuchs.

Die Drahtringe werden in schmiedeeiserne Trommeln gepackt, der leerbleibende Raum durch einen Thoncylinder gefüllt und nun das Ganze in die fest im Ofen stehenden Gusseisengefässe durch Oeffnungen in der Decke eingesetzt und fleissig gedreht.

Die Angabe, dass man für kalte Einsätze zunächst die Cylinder der heissen Seite benutze und sie später auf die andere Seite bringe, ist auffällig; demnach muss der Apparat sehr ungleich in seinen verschiedenen Partien funktioniren. (D. R.-P. No. 29779. Dingler 257, S. 88.)

*) Dieser Gasofen ist neuerdings dahin abgeändert, dass man unter jedem Topf eine einfache Planrostfeuerung anbrachte, die sich leichter regeln und verstärken lässt.

Es erscheint weiter auffällig, dass man nicht auch beim Drahtglühen, wie beim schmiedbaren Guss das Ringofenprincip zur Anwendung gebracht, bei dem bekanntlich eine sehr vollkommene Ausnutzung der Wärme stattfindet.

Die einzige in Vorschlag gebrachte analoge oder auf demselben Princip beruhende Construktion ist der von W. Treek und Fr. Teichmann in Petersburg vorgeschlagene Glühkanal. Er schliesst sich in Bau- und Betrieb dem kanalförmigen Trocken- und Brennofen von G. Bock für Ziegelsteine an.

§ 923. Auch der Ersatz des Glühens durch andere Erhitzungsmethoden ist nicht unversucht geblieben. Schon Hill & Ward (Newport Wire Mills-Middlesbro) haben sich in Verbindung mit Claus verschiedene Verbesserungen in der Drahtfabrikation patentiren lassen, welche darauf hinauslaufen, das Ausglühen des hartgezogenen Produktes durch ein Erhitzen in einem aus einem bestimmten

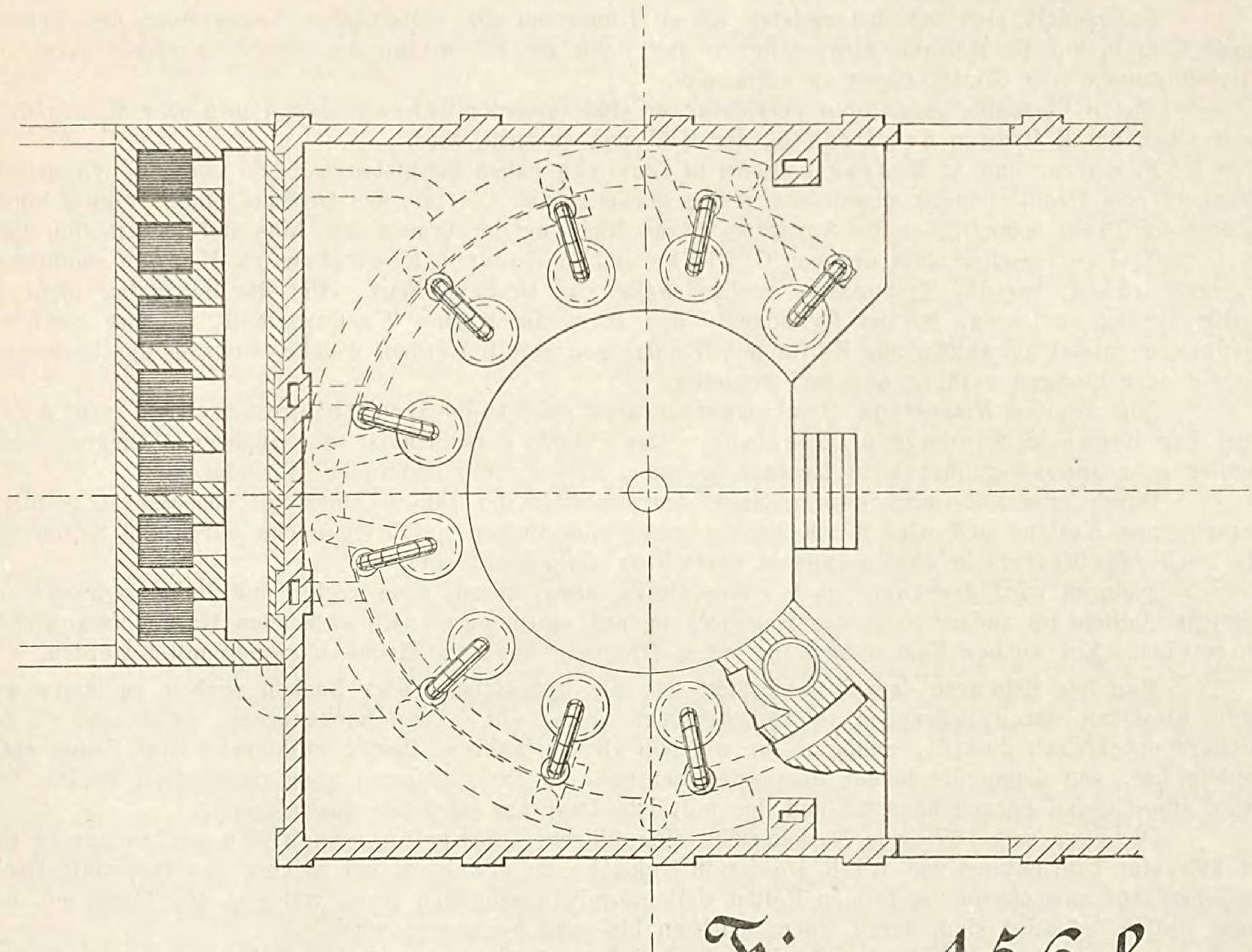


Fig. 156 b

Flussmittel bestehenden Bade von erforderlicher Temperatur zu ersetzen, wobei jede Berührung mit der Luft und jede Glühspanbildung fortfallen soll, folglich auch jede Beize und die damit leicht verbundene Brüchigkeit des Drahtes.

Bei dem neuen Verfahren entsteht selbstredend ein Ueberzug von dem das Bad bildenden Körper, der aber nach dem Erkalten des Drahtes durch Behandeln mit kaltem oder heissem Wasser entfernt werden kann.

Das Bad kann aus geschmolzenen Salzen bestehen, deren Zusammensetzung unwesentlich ist, sofern sie nur die Eigenschaft besitzen:

1. nicht oder nur wenig flüchtig zu sein;
2. den Draht nicht anzugreifen;
3. bei Rothgluth eine dünnflüssige Masse zu bilden;
4. auch nach geschehenem Schmelzen und Erstarren in Wasser löslich zu sein.

Chlorcalcium, Natriumhydroxyd, Natriumwasserglas sind, weil hinlänglich billig, für den gedachten Zweck am besten geeignet. (Engineer, September 1871, 151; Dingler 202, S. 190.)

Ein Vorschlag von W. Rath in Plettenberg (Westfalen) ging demnächst dahin, den Draht vor dem in den gewöhnlichen verschlossenen Töpfen vorzunehmenden Glühen in eine syrupsdicke Lösung von Chlorcalcium zu tauchen und nach dem Glühen und Kühlen diesen Ueberzug durch Abspülen mit reinem Wasser zu entfernen. (Deutsche Industriezeitung 1874, S. 248.)

§ 924. Ob diese verschiedenen Vorschläge und Erfindungen die Glühoperationen ganz oder theilweise entbehrlich machen werden, erscheint nach den bisherigen Erfahrungen zweifelhaft und es wird wohl noch lange mit der Nothwendigkeit gerechnet werden müssen, Glühspanbildungen zu beseitigen.

Auch bezüglich dieser Beseitigung, d. h. der Reinigung des Drahtes von Glühspan, sind eine ganze Reihe von Vorschlägen gemacht worden, von denen die älteren (vor 1880) eine sachgemässe Beleuchtung in der mehrfach citirten Abhandlung von Wedding (Verhandlungen zur Beförderung des Gewerbfleisses etc. 1880, S. 227 u. 478) gefunden haben.

Es handelt sich bei den meisten dieser Dinge um die vollständige Vermeidung des Beizens durch Säuren, um die lästigen Abwaschungen und dann die Verunreinigung der Wasserläufe durch die Vitriollösungen oder Mutterlaugen zu vermeiden.

Die in Vorschlag gebrachten Vorrichtungen sind entweder Scheuermaschinen oder Maschinen, in welchen durch Biegen des Drahtes der Glühspan entfernt wird.

F. Kaiser und A. Mengershausen in Iserlohn haben beispielsweise eine einfache cylindrische Trommel zum Drahtscheuern angeordnet, deren geometrische Axe mit der Drehaxe einen Winkel bildet, so dass der Draht beim Drehen des Apparates in der Richtung der Trommelaxe hin- und hergeworfen wird.

Viel energischer muss der von C. Ulmke und A. Horst in Neuwalzwerk-Menden empfohlene Apparat wirken, wo die Trommelaxe rechtwinkelig zur Drehaxe liegt. Um die Bewegung nicht zu heftig werden zu lassen, ist der Cylinder in der Mitte durch eine Wand getheilt, so dass zwei Abtheilungen entstehen, welche zur Hälfte mit Drahtringen gefüllt werden, welche, von vier durchgehenden Bolzen oder Stangen geführt, auf- und abgleiten.

Zur zweiten Klasse von Reinigungsapparaten gehört die Drahtbiegemaschine von Adolf von der Becke in Sundwig bei Iserlohn. Das Princip derselben ist eine mehrfache Biegung eines kräftig gespannten voranbewegten Drahtes in einem Mittel von scheuernder Wirkung.

Durch eine Führungsbüchse gelangt der Draht in das Innere eines mit Eisenschrot gefüllten gusseisernen Kastens und wird durch Nuthen von Druckstücken geführt, welche durch die Seiten und die Decke des Kastens in dessen Inneres verstellbar eingesteckt sind.

Dadurch wird der Draht nach rechts, links, oben, unten, oben rechts und links gedrückt und erreicht endlich die andere Seite des Kastens, um auf einem ausserhalb stehenden Haspel aufgewickelt zu werden. Ein solcher Kasten kann in jedem Drahtzug vor dem Zieheisen eingeschaltet werden.

Man hat sich auch darauf beschränkt nur die Druckstücke oder Backen wirken zu lassen und stellt dieselben durch Schrauben in verschiedener Weise ein. Drei Backenpaare, zwei central, das mittlere excentrisch gestellt, genügen für weichen Draht, während harter Stahldraht fünf Paare nothwendig hat, von denen die beiden äussersten central, die drei mittleren aber excentrisch wirken und zwar abwechselnd entgegengesetzt und das mittelste Paar am stärksten ausweichend.

Die etwa seit 1876 aus Nordamerika eingeführten Drahtrichtmaschinen wirken analog und ist hier eine Einrichtung von Wilh. Böker in Schalke zu erwähnen, bei welcher der gespannte Draht zwischen fünf abwechselnd stehenden Rollen wellenförmig durchgehen muss, während der Tisch, auf dem diese Rollen befestigt sind, durch einen Schlitten hin- und herbewegt wird.

Auf gleichem Princip beruht die mit drei Paar horizontalen und drei Paar verticalen Rollen arbeitenden Streckmaschinen von John Adt in New Haven (Conn.).

§ 925. Nicht zu übersehen sind die Versuche Wedding's, den ausgeglühten Draht, anstatt mit Säuren zu beizen, in Salzlösungen und Metallbäder zu bringen, um den Glühspan abzulösen. Diese Versuche sind leider nicht von Erfolg begleitet gewesen. (Stahl und Eisen 1886, S. 14.)

Bei dieser Veranlassung (Verhandlungen im Verein deutscher Eisenhüttenleute, 13. Dec. 1885) machte Haedicke in Remscheid noch darauf aufmerksam, dass die Glühspanbildung nicht dem in dem Glühtopf mit eingeschlossenen geringfügigen Luftquantum, sondern vielmehr dem Luftzutritt beim Oeffnen der herausgehobenen Glühtöpfe zugeschrieben werden muss. (Stahl und Eisen 1886, S. 23.)

Baedecker in Werdohl hat in einem Vortrag, wovon auszüglich Mittheilung in Stahl und Eisen 1886, S. 181 sich befindet, verschiedene Ausführungen Wedding's kritisirt und weitere Bemerkungen zur Beizfrage gemacht, auf die hier nur verwiesen werden kann. Nur das mag noch angeführt werden, dass nach Baedecker die Beize nicht allein die Aufgabe hat, den Draht vom Glühspan zu befreien, sondern zur Erleichterung des Ziehens zu dichten, da eine mässige Anwendung der Säure die Oberhaut des Drahtes gewissermaassen auflockere.

Daraus scheint sich auch die Thatsache zu erklären, dass der aus saurer Flüssigkeit gezogene Draht die Zieheisen weniger angreife als der mit Fett gezogene.

Die von F. Vogel in Bruck a. d. Mur empfohlene Fettbeize (Oesterr. Patent Kl. 7. Dingler's Journal 262, S. 285) scheint aus der gleichen Voraussetzung entsprossen zu sein. Die Mischung besteht aus geschmolzenem bis 55—60^0 abgekühltem Schweinefett, unter beständigem Umrühren mit 20—40% 60—66 grädiger Schwefelsäure gemischt, und dann so lange unter Umrühren und Kühlen mit Wasser versetzt, bis sich alles gelöst hat. Durch diese Beize soll man ein bis zwei Glühungen ersparen können.

Georg Prinz in Aachen glüht den Draht unter Luftzutritt, nachdem er mit einem Ueberzug aus Borax oder anderen alkalischen Boraten oder auch aus Cyanverbindungen versehen worden ist. Das Ablösen dieser Ueberzugsschmelze in Wasser bildet eine Lauge, welche ebensogut zu beizen scheint wie eine Säure. (D. R.-P. No. 37998.)

Eine andere Vorrichtung zur Drahtreinigung unter Anwendung von Sand in einer Art Kollergang, rührt von Fr. Heymann in Schwerte her. (Vergl. Kerpely-Kossmann's Berichte 1886, S. 280.)

§ 926. Sehr nahe verwandt mit der Frage des Ersatzes der sauren Beize durch andere Mittel ist die Anwendung einer Schmiere beim Ziehen selbst, da eine Erleichterung der Zieharbeit ganz von selbst auf die Verminderung der Glühoperationen hinwirken muss, d. h. eine grössere Anzahl aufeinander folgende Züge gestattet.*)

Da die Ziehbarkeit der Metalle mit dem Verhältnisse des Zerreissungscoefficienten zu der Zugkraft wächst, letztere daher möglichst verringert werden muss, so ist es unter Anderem praktisch und stets versucht worden, durch Schmiermittel (Oel, Seifenwasser, selbst Ueberzüge weicherer Metalle, z. B. Kupfer) die Reibung zwischen Metall und Ziehlochswandung zu verringern.

In neuerer Zeit sind verschiedene Vorschläge gemacht worden, über welche zunächst Wedding in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses etc. 1880, S. 227 u. 478 berichtet hat.

Ch. Hill Morgan in Worcester wandte Chlornatrium in heisser concentrirter Lösung (nahe dem Siedepunkte erhitzt) an, in welche der aufgewickelte Draht eingetaucht wird. Der Lösung wurde manchmal Kalk beigefügt (Chlorkalk?). Nach kurzer Zeit (2—5 Minuten) hat sich das Salz an dem Draht festgesetzt und bildet einen vollständigen Ueberzug, der in einem Trockenraume genügende Festigkeit erhält. Vor dem Ziehen wird dann auf diesen Ueberzug noch Oel, Talg oder Schmiere gebracht, wonach anzunehmen ist, dass der Salzkruste auf dem Draht noch eine andere Funktion, vielleicht die der gelinden Beize, zugedacht ist.

Aaron Blanchard Brown und Wendell Phillips Brown, ebenfalls in Worcester, nehmen Natriumphosphat oder Natriumammoniumphosphat, welche Salze ebenfalls in wässeriger Lösung angewendet und ebenfalls durch Trocknen in einen festen Ueberzug verwandelt werden. Soll die Trocknung umgangen werden, so ist eine vorgängige Verkupferung vorzunehmen.

Nach Erfahrungen von Morgan ist siedende mit Kochsalz versehene Kalkmilch ein guter Schmierüberzug, da derselbe, nach dem Auftragen rasch getrocknet und rostfrei aufbewahrt, dem höchsten Druck widersteht, den Stahl von grösster absoluter Festigkeit beim Ziehen ausübt. (Glaser's Annalen 1882, No. 121.)

G. Reinhard in Schwelm und Fritz Vogel in Aussersihl bedienen sich beim Ziehen von Eisendraht einer Mischung von Oel oder Fett mit Wasser, das mit Schwefelsäure und Soda versetzt ist. Ein Gemisch von 50 Theilen Ricinusöl, 11½ Theilen 66 procent. Schwefelsäure, 17½ Theilen Soda und 100 Theilen Wasser hat angeblich das beste Resultat erzielen lassen.

Der Draht geht, wenn er nach erfolgter Reinigung 15 Minuten lang in dieser Flüssigkeit verweilt hat, viel leichter durch das Zieheisen und kann statt zwei bis drei Züge, ohne Glühen, fünf Züge vertragen. (Stahl und Eisen 1883, S. 481.) — Oberschlesische Drahtwerke wenden Ziehschmieren aus Schwefelsäure und Talk an.

Diese Beispiele von Neuerungen dürften genügen die Ziele erkennen zu lassen, welche die Technik zu erreichen sich bestrebt. Eine Kritik derselben ist sehr schwer auszusprechen, ohne Versuche anzustellen.

§ 927. Sobald man genöthigt ist, Draht von ganz bestimmter Härte zu erzeugen, müssen Vorrichtungen zum Härten und Anlassen von Stahldraht benutzt werden.

Der Fall ist besonders wichtig für die Nadelfabrikation, welche von dem Material ganz bestimmte Eigenschaften verlangt, die nicht ganz leicht hervorzurufen sein müssen, da noch immer es nicht gelingt, den Engländern in der Erzielung jener sicheren Qualitäten Concurrenz zu machen.

Nach Mittheilung hervorragender Aachener Fabrikanten liegt gerade der Vorzug des englischen Stahldrahtes in einer sich gleichbleibenden Härte und Zähigkeit, welche alle die verschiedenen Manipulationen gestattet.

*) Bezüglich des Ziehens und der Ziehbarkeit sind folgende Mittheilungen zu erwähnen: Dittmar, Gefügeveränderungen beim Ziehen (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1887, S. 330). List, desgleichen (ebendaselbst S. 853). Ein Regeln der Ziehgeschwindigkeit bezweckt das Patent von Alfr. S. Bolton und Th. Bolton (D. R.-P. No. 42610), vergl. Kerpely-Kossmann's Berichte 1887. Siehe auch das Patent von Pielsticker (D. R.-P. 39156).

Derselben Quelle zu Folge ist die Härtung und das Anlassen des Drahtes hierbei die Hauptsache und es wird von den englischen Fabriken vielfach noch an einer zwar etwas umständlichen, aber im Erfolg durchaus sicheren Methode festgehalten und Rolle für Rolle in wechselndem Grade, je nach der Beschaffenheit des Materials in Muffeln oder verschlossenen Feuern, mit Gasheizung meistens, angelassen, worauf dann erst eine bestimmte Härtung vorgenommen werden kann.

Von verschiedenen Seiten ist naturgemäss auch versucht worden, dieses mühsame und theuere, wenn auch sichere Verfahren abzukürzen und continuirlich arbeitende Apparate zu construiren, durch welche der Draht einfach durchbewegt wird und dabei die erforderliche Temperatur erfährt.

J. C. Ramsden in Bassenthwaite z. B. wendet zu dem genannten Zweck folgendes Verfahren an: Der kalte Stahldraht, den das Walzwerk bereits in möglichst gleicher Härte liefert, wird durch einen geschlossenen Raum gehaspelt, in welchem eine gleichmässige Flamme durch mit Dampf zersträubtes Petroleum, Paraffin oder Theeröl etc. hergestellt wird.

Der Zerstäuber besteht, den für verschiedene Zwecke üblichen Zerstäubern entsprechend, aus zwei rechtwinkelig zu einander stehenden Röhren, von denen das Horizontale einen Dampfstrahl ausbläst, während das Verticale in einem Behälter mit dem flüssigen Brennstoff sich befindet und denselben aufsaugt, sobald der Dampfstrahl in Thätigkeit ist. Es bildet sich ein äusserst fein vertheiltes Gemisch von Dampf und Oel etc., welches durch eine Flamme sich sofort entzünden lässt und eine absolut reine Flamme bildet, sobald man durch Reguliren der Hähne an den beiden Röhren das richtige Verhältniss beider Stoffe gefunden hat.

Diesen Verbrennungsapparat bringt man nunmehr vor einem bis 4 m langen Rohr an, welches in der Mitte seiner Länge durch eine kleine fuchsbrückenartige Erhöhung am Boden gewissermaassen in zwei Kammern getheilt ist, einer vorderen heisseren und einer hinteren etwas kühleren, an deren Ende ein Kaminrohr sich befindet.

In beiden Kammern liegen Rollen zur Führung des Drahtes, welche Rollen durch Oeffnungen mit Deckeln in der oberen Wölbung des Rohres eingebracht werden.

Ueber dem Ganzen liegt ein Gestell mit auswechselbaren Haspeln. Der vordere derselben trägt den Materialdraht aufgewickelt. Derselbe tritt durch einen Schlitz an der Seite des vorderen Deckels in das Heizrohr, geht unter der zweiten Rolle hindurch nach vorn, der Flamme entgegen, über die erste Rolle und dann abwärts durch eine besondere mit Führung versehene Oeffnung aus dem Heizrohr heraus auf einen zweiten Haspel, welcher in einen mit Wasser oder einer anderen passenden Härteflüssigkeit gefüllten Behälter eintaucht.

Ist die Drahtrolle auf die angegebene Weise durch den Apparat durchgehaspelt und befindet sich nunmehr auf dem unteren Haspel aufgewickelt, so nimmt man letzteren fort und bringt ihn auf das obere Haspelgestell über die zweite oder hintere kühlere Kammer des Heizrohres.

Indem man in ganz ähnlicher Weise den vorher gehärteten Draht durch den hinteren Theil des Rohres laufen lässt, lässt man ihn wieder bis zu einem gewissen Grade an und vollendet diese Procedur dadurch, dass man den Haspel, auf den der im Rohr angelassene Draht sich aufwickelt, in ein erwärmtes Bad tauchen lässt, z. B. Leinöl von 298^0 oder nahezu gleichwarmes Quecksilber, selbst in geschmolzenes Blei. Ein Bleiüberzug muss aber im letzteren Fall zu vermeiden versucht werden.

§ 928. Für besonders feine Drähte hat Ramsden den Heizapparat etwas geändert und denselben mittelst einer horizontalen Scheidewand gekammert. Das Feuer der Zerstäubervorrichtung tritt durch seitliche Oeffnungen in den unteren Theil, dann in die obere Hälfte und schliesslich in ein Abzugsrohr. In dessen Nähe tritt der Draht ein und am Feuerrande wieder aus, läuft durch ein kaltes Härtebad (Oel etc.) und dann in ein geheiztes Bad, um endlich aufgehaspelt zu werden. (Dingler's Journal 1880, IV, S. 290.)

Josef und Henry Law ziehen Stahldraht durch ein Bad von geschmolzenem Blei und Zinn, nachdem er vorher ein Talgbad passirt hat und lässt ihn hierauf nacheinander noch durch ein Oelbad und ein zweites Bleibad gehen, wobei ein Anlassen stattfindet.

Den Bleibädern setzen die Erfinder etwas Soda oder Potasche und etwas pulverisirte Holzkohle zur Verhinderung der Oxydation zu. (Der Metallarbeiter 1881.)

Max Bongardt in Rösslau lässt behufs Glühen und Härten den Draht von einer Haspel sich abwickeln und durch ein feuerfestes Glührohr laufen, das in einem Ofen liegt. Zur Rothgluth erwärmt, tritt der Draht nunmehr, durch Rollen geführt, in ein Bleibad und von da in ein Wasserbad, das durch Zufuhr frischen Wassers stets erneuert wird.

Es ist alles so bemessen, dass der Aufenthalt des stärkeren Drahtes im Bleibade $^1/_2$ Minute, der des schwächeren $^1/_4$ Minute beträgt. Man kann aber auch ohne Wasserbad arbeiten. (D. R.-P. No. 24551. Dingler 254, S. 331.)

Ueber das Härten von Stahldraht und die weitere Verarbeitung desselben auf westfälischen Werken berichtet noch Pallin in Jernkontorets Annaler 1888. (Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1888, S. 366.)

2. Kapitel.

Einrichtung und Betrieb der zur Röhrenfabrikation nothwendigen Apparate.

§ 929. Die Röhren werden, wie bereits S. 686 angedeutet, vorwiegend durch Zusammenlegen von Eisenstreifen und Zusammenschweissen auf Ziehbänken oder zwischen Walzen hergestellt. Bezüglich des Betriebes ist dem an der genannten Stelle Gesagten wenig zuzufügen.

Die Apparate bestehen ausser dem Flacheisenwalzwerk, das die Streifen liefert, und den erforderlichen Oefen und Hilfsapparaten aus dem eigentlichen Röhrenschweisswerk und den Ziehbänken nebst den zugehörigen Schweissöfen.

Der interessanteste dieser Apparate ist das Schweisswalzwerk, durch welches die vorbereiteten, sorgfältig gebogenen und gerundeten Materialstücke in Weissgluth durchgejagt werden, um zusammenzuschweissen.

In Fig. 157 und 158 (s. f. Seite) ist die Reconstruktion eines solchen Schweisswalzwerkes nach englischen Cliché's versucht und durchgeführt worden. Dasselbe ist reversirbar eingerichtet und zu diesem Behufe mit Umkuppelungen versehen. Der Antrieb erfolgt von einer besonderen Maschinenwelle aus durch ein grösseres Getriebe, welches im Grundriss der Fig. 157 und in einem Profil der Fig. 158 theilweise angedeutet und gezeichnet ist.

In dieses Getriebe kann man eins der beiden auf den Walzenaxen sitzenden Getriebe einrücken, um die Bewegung auf das Walzwerk zu übertragen.

In der Zeichnung, Längsprofil Fig. 157, erscheint das Getriebe der oberen Axe eingerückt, dessen Kuppelung (rechts) geschlossen ist, während das untere Getriebe ausgerückt und seine Kuppelung (links) offen steht.

Beide Uebertragungsräder gleiten mittelst gefütterter Büchsen auf den Axen leicht hin und her. In der gezeichneten Uebertragung wird der Stab von links nach rechts durch die Walzen gezogen werden, während im Fall der anderen Uebertragung der Weg von rechts nach links führen würde.

Die übrigen Details erläutern sich von selbst.

Ein von Kerpely beschriebenes und abgebildetes Röhrenwalzwerk zu Brezowa in Oberungarn ist einfacher eingerichtet und besitzt die für viele Fälle zweckmässige Reversirkuppelung nicht. In der Beschreibung ist nicht erwähnt, ob die Maschine selbst umgesteuert werden kann, doch erscheint dies sehr wahrscheinlich.

Dieses Walzwerk, vor der Thür des Schweissofens aufgestellt, hat Walzscheiben von Hartguss, wie denn auch der Dorn, über den das Rohr gestreift und gestreckt wird, aus Hartguss besteht und sorgfältig mit Schmirgel abgeschliffen ist.

§ 930. Ueber den Betrieb in Brezowa ist zur Vervollständigung des S. 686 u. ff. Gegebenen noch zu bemerken, dass das vorgerollte und im Schweissofen gut warm gemachte Rohr vor dem Herausnehmen mit der Naht nach oben gedreht und nunmehr mittelst einer Hohlzange möglichst schnell über den Dorn und zwischen die Walzen gebracht wird, die es unter flintenschussartigen Detonationen blitzschnell durchziehen.

Die Schweissnaht liegt dabei im Maximum des Verticaldruckes und die Schlacke kann deshalb in der günstigsten Weise herausgepresst werden.

Das durchgewalzte, auf der rinnenartigen Walzbank, an der auch der Dorn befestigt ist, liegende Rohr gelangt sofort wieder in den Ofen und wird nach wiedererlangter Schweisshitze nochmals, doch über einen grösseren Dorn, durch die Walzen geführt. Bei diesem zweiten Durchgang wird das Rohr um 60^0 gegen die frühere Lage gewendet, um Unrundheiten etc. auszugleichen, dann wird auch darauf gesehen, das Rohr in entgegengesetzter Richtung wie das erste Mal zu strecken und dasselbe daher in umgekehrter Lage in den Schweissofen gebracht.

Für Gasrohre genügen die beiden Walzungen, während für Siederöhren noch ein drittes, oft noch ein viertes Durchwalzen für erforderlich erachtet wird, wobei immer grössere Dorne angewandt und die Lage stets gewechselt zu werden pflegen.

Die Mittheilungen von Kerpely ergänzen die früher mitgetheilten Darstellungen von v. Schwarz S. 689 und finden sich in der Berg- und Hüttenmännischen Zeitung 1885, S. 529, sowie in den Kerpely'schen Jahresberichten für 1884 und 1885, S. 331.

A. Schlotterhose hat einen Gasschweissofen für schmiedeeiserne Rohre aufgestellt, welcher in Stahl und Eisen 1886, S. 427, beschrieben und abgebildet ist (D. R.-P. No. 34000). Derselbe gleicht im Aufbau einem Tiegelofen mit Regeneratoren, nur sind zwischen Ofenraum und Luftkammern noch besondere Zwischenkanäle angebracht, welche auf die Flammenausdehnung vortheilhaft einwirken sollen.

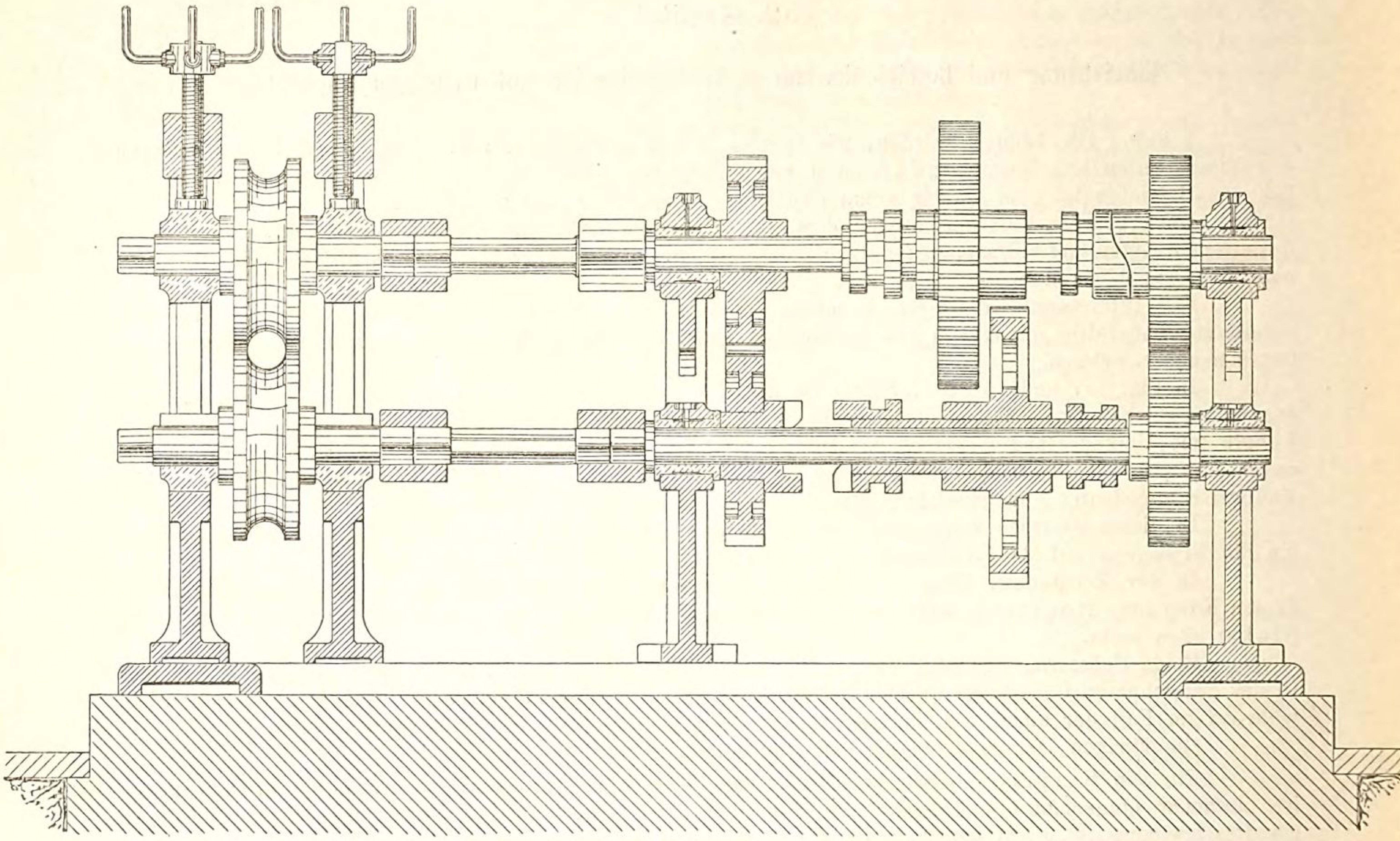
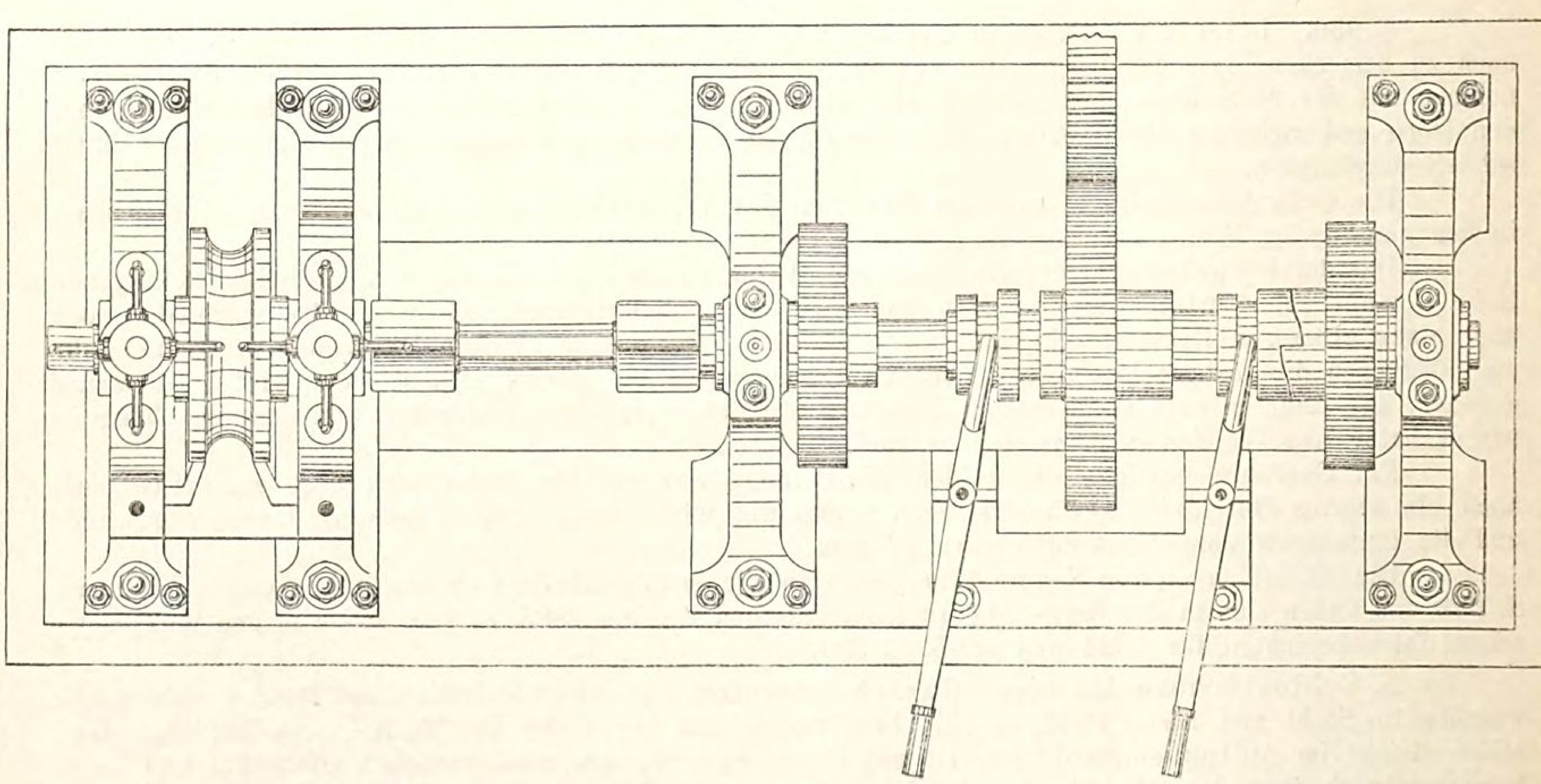


Fig. 157.



Ein anderer Röhrenschweissofen rührt von Rob. Wilke in Styrum her, der unter No. 44187 patentirt und in Stahl und Eisen 1888, 772 beschrieben ist.

§ 931. Die Ziehbänke anlangend, welche bei der Röhrenfabrikation vorkommen, so bestehen dieselben wesentlich aus starken, einfach construirten Eisengestellen, in welchen über Kettenscheiben eine endlose Gall'sche Gelenkkette läuft und von der einen Scheibe aus angetrieben wird.

Die nach Bedarf in diese Kette einzuhängende Ziehvorrichtung ist eine starke, doppelgelenkige Schleppzange auf einem vierräderigen kleinen Wagen, der auf entsprechenden Geleisen an der Ziehbank läuft.

Diese Zange schliesst sich beim Ziehen immer fester mit ihren Klammern an das gezogene Objekt an, welches am Anfang der Ziehbank zunächst ein an einem starken Support befestigtes, aus Gusseisen hergestelltes Werkstück, den Trichter oder Tiegel, passirt, dessen hintere, der Ziehbank zugekehrte Oeffnung in ihren Abmessungen dem äusseren Rohrdurchmesser entspricht, stets aber etliche Millimeter weiter ist als der Durchmesser des zu fertigenden Rohres.

Die Form des Trichters ist zur allmäligen Einrollung des Blechstreifens nothwendig und der Trichter muss deshalb nicht nur eine dem Rohr entsprechende Wandneigung, sondern auch eine genügende Einrollungsfläche darbieten, so dass Trichter für weite Rohre immerhin ziemliche Dimensionen erreichen.

Dieser Fall tritt aber deshalb immer seltener ein, weil man wegen der Unsicherheit der Schweissung durch Zug immer mehr zur Schweissung durch das vorher geschilderte Walzwerk übergegangen ist und nur dünne Rohre für Gasleitungen etc. noch auf der Ziehbank schweisst.

§ 932. Neben dieser gewöhnlichen Fabrikation von Röhren haben sich, wie schon angedeutet, noch einige andere Arten der Herstellung neuerdings eingefunden, über welche aber Wenig bekannt ist. Dahin gehören die aus Blöcken ohne Naht gewalzten Fabrikate, die aus spiralförmig aufgewickelten Bändern zusammengeschweissten, die gewellten Röhren, endlich die noch immer in mysteriöses Dunkel gehüllten Mannesmann'schen Fabrikate.

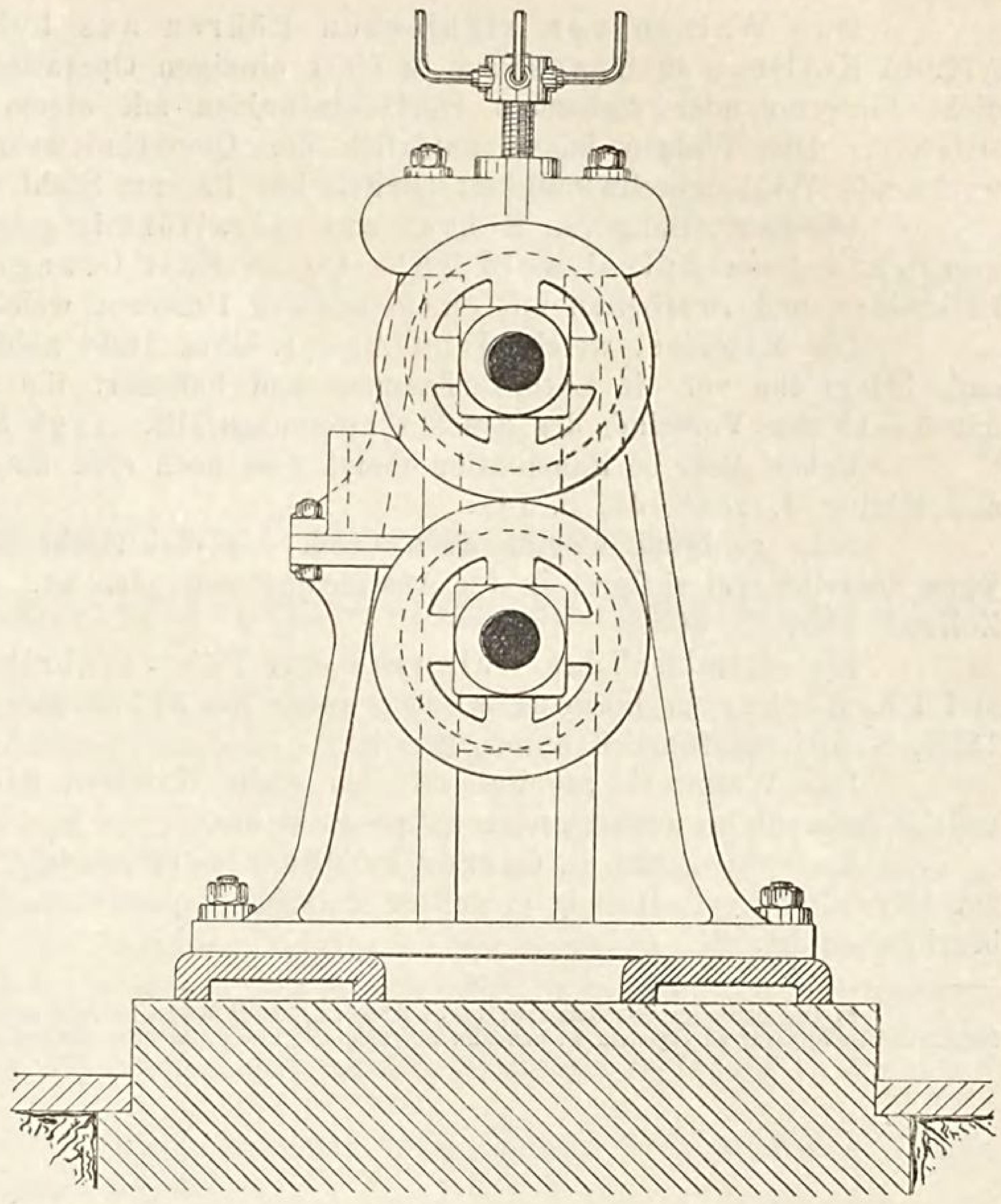
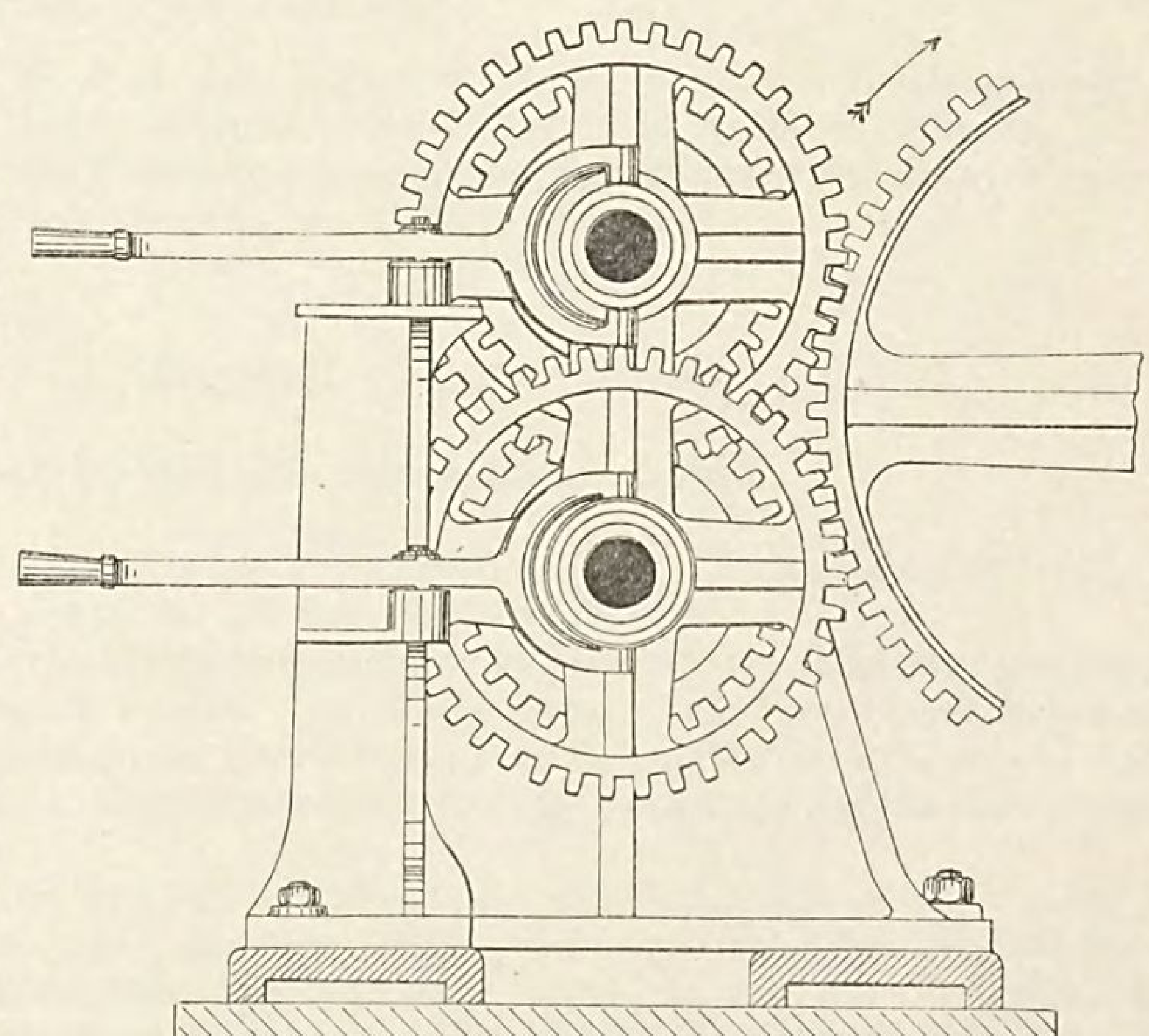


Fig. 158.



Nachstehende kurze Auszüge geben ziemlich Alles, was über die Herstellung derartiger Fabrikate bekannt geworden ist.

Das Walzen von stählernen Röhren aus hohlen Blöcken bewirken Edw. Cope und Alfred Hollings in Openshaw in einer einzigen Operation, indem sie den Block zwischen mehreren dicht hintereinander stehenden Horizontalwalzen mit einem Kaliber über zusammenhängende Dornen strecken. Die Walzen haben natürlich der Querschnittsverminderung des Blockes entsprechend eine wachsende Winkelgeschwindigkeit (Brittisches Patent; Stahl und Eisen 1888, S. 704).

Die Herstellung von Röhren aus spiralförmig gerollten Blechstreifen durch Schweissung geschieht auf der Spiral weld Tube Co. zu East Orange (New Jersey) durch lokale Erhitzung mit Löthrohren und Bearbeiten mit einem leichten Hammer, welcher 160 Schläge in der Minute macht.

Die Maschine, welche Iron Age 1. März 1888 abbildet, führt den Streifen ein, rollt ihn kalt auf, bringt ihn vor die Löthrohrflammen und hämmert ihn zusammen, wobei jeder Schlag gleichzeitig mit 3—15 mm Vorschub des Stückes zusammenfällt. (Vgl. Stahl und Eisen 1888, 275).

Ueber dieselbe Fabrikation findet man noch eine längere Mittheilung von Howe in Engineering and Mining J. 1888, 45, S. 141.

Sehr geeignet hierfür dürfte sich das elektrische Schweissverfahren von Benardos erweisen, wenn dasselbe erst sicherer in der Ausführung geworden ist. (Vgl. Sjögren, Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1889, S. 80.*)

Ein eigenthümliches Walzwerk zur Röhrenfabrikation haben sich W. Schröder in Altena und Ph. Böcker in Hohenlimburg unter No. 51769 patentiren lassen, welches in Stahl und Eisen 1890, S. 551, ausführlich besprochen ist.

Das Walzwerk arbeitet mit bis sechs Kalibern und dazu gehörenden Dornen nebeneinander, welche jedes Rohr nacheinander zu passiren hat.

L. Gobiet und L. Carrer in Düsseldorf endlich haben sich unter No. 55042 ein Walzwerk zur Herstellung spiralförmig gewellter Heizröhren patentiren lassen, das in Stahl und Eisen 1891, S. 246, beschrieben ist.

*) Die Aktiengesellschaft Helios in Ehrenfeld bei Köln betreibt schon seit längerer Zeit einen grossen elektrischen Löth- und Metallschweissapparat zu eigenem Bedarf und dürfte geneigt sein, darüber Interessenten Auskunft zu geben.

Sechster Abschnitt.

Einrichtung und Betrieb der Verzierungsanlagen: Beizen, Schleifen, Anstreichen, Verzinnen, Verzinken, Emailliren etc.

§ 933. Die hierher gehörigen Arbeiten fallen, wie schon S. 689 angedeutet worden ist, zu einem grossen Theil in das Gebiet der mechanisch-chemischen Technologie und bilden mehr oder minder selbständige Fabrikationszweige derselben.

Die Technik des Beizens, Schleifens und Polirens ist vielfach bei der Blech- und Drahtfabrikation berührt worden und es blieben somit nur eigentlich die Herstellungsarten verschiedener Ueberzüge zu besprechen, soweit sie in die Praxis der Eisenwerke gehören.

Diese Ueberzüge sind entweder nur mechanisch aufgetragene durch irgend ein Hülfsmittel oder einen besonderen Process bündig und adhäsiv gemachte Substanzen oder Präparate, z. B. Oelfarben, Theer, Asphalt, Emaillen und Glasflüsse, oder es sind Ueberzüge, bei deren Herstellung eine chemische Einwirkung auf das Eisen, partielle Oxydation, Legirung etc., stattfindet, z. B. beim Inoxydiren, Verzinnen, Verzinken, Verbleien etc.

Zwischen diesen Gruppen liegen die elektrolytisch auf Eisen hergestellten adhäsiven Metallniederschläge. Es entstehen somit nachstehende Kapitel:

1. Kapitel: Anstriche von Oel- und anderen Farben.
2. Kapitel: Ueberzüge mit aufgeschmolzener Emaille.
3. Kapitel: Elektrolytische Niederschläge auf Eisen.
4. Kapitel: Inoxydationen.
5. Kapitel: Ueberzüge durch Legirung.

Eine ausführlichere Behandlung erhalten nur diejenigen Dinge, welche auf Eisenwerken mit betrieben werden oder aus bestimmten Gründen metallurgisches Interesse in Anspruch nehmen.

Andere, z. B. das Emailliren und die Elektrolyse können als Specialindustrien, die sich nur zum geringsten Theil mit dem schmiedbaren Eisen abgeben, nur skizzirt werden.

1. Kapitel.

Von den Anstrichen mittelst Oel- und anderen Farben.

§ 934. Die Stahl- und Eisenwalzwerke liefern vereinzelt Produkte, welche gleich einen Anstrich erhalten, um besser und dauernder gegen das Rosten geschützt zu sein.

Derartige Anstriche sind gewöhnliche Oelfarbenanstriche, welche auf den möglichst gereinigten, bezw. noch rostfreien Gegenstand aufgetragen werden. Als Farbe nimmt man vorwiegend Metalloxyde und für die hier wesentlich in Betracht kommenden Fabrikate grösseren Umfanges, Träger und andere Bauprofile, Eisenmennige oder Eisenoxyd. Selten kommen graue aus Zinkoxyd hergestellte Anstriche vor, da dieselben zu theuer sind.

Das Bindemittel dieser Anstriche ist meistens eingekochtes Leinöl und nur dieses vermag dem Ueberzug die erforderliche Dichtigkeit zu geben und das Reissen der sich bildenden Firnissdecke zu verhüten. Hauptsache ist immer die hinlängliche Sorgfalt beim Auftragen und das Vermeiden aller Lücken oder Bläschen hierbei, weil bei erlangtem Zugang zur Metallfläche der Process des Verrostens auch unter der Oelfarbe weiter geht.

Theer- und Asphaltanstriche, welche heiss aufgetragen werden können, sind ebenfalls sehr geeignet Eisen gegen Rost und andere Corrosionen, z. B. Meerwasser etc. zu schützen. Sie haben nur

das Unangenehme, längere Zeit einen für Viele nicht erträglichen penetranten Geruch zu haben, der auch bei heissem Wetter sich von Neuem bemerklich machen kann.

Die weitere Bemalung von Eisenfabrikaten wird nicht auf Eisenwerken, sondern in Construktionswerkstätten ausgeführt und gehört somit nicht in den Kreis dieser Besprechungen.

Es gibt Specialanweisungen und Werke genug, die sich mit der Technik der Anstriche im Allgemeinen und auf Eisen im Besonderen befassen, auf welche hier zu verweisen ist.

Der Verfasser selbst hat in seinem Handbuch der Eisengiesserei, 2. Auflage, Band II, S. 642 ff., sich über die ästhetischen Grundsätze der Bemalung sowie über die technische Herstellung der Anstriche, dann über Bronciren etc. ausführlich ausgesprochen, allerdings wesentlich in Beziehung auf das Giessereigewerbe, für welches ja diese Fragen der Oberflächenbehandlung weit wichtiger sind als für die Industrie des schmiedbaren Eisens.

2. Kapitel.

Von den Ueberzügen aus geschmolzener Emaille.

§ 935. Die Herstellung dieser Art von Ueberzügen, welche bei der Eisengusswaare eine sehr bedeutende Verbreitung erreicht hatte und auf den Giessereien als wichtiger Betriebszweig existirte, hat sich seit über 25 Jahren auch auf dem Gebiet der Fabrikate aus schmiedbarem Eisen festgesetzt und hat ganze Zweige des Eisengiessereiwesens lahm gelegt. Nachdem es gelungen war, Geschirre und Gefässe aller Art aus Eisen- und Stahlblech erst genietet, dann gestanzt, gedrückt und getrieben mit Emaillen fest und dauerhaft zu überziehen, wich der Verbrauch derartiger Gegenstände aus Gusseisen und nur selten findet man heute noch umfängliche Betriebe auf emaillirte Gusssachen.

Das Verfahren des Emaillirens von Fabrikaten aus schmiedbarem Eisen ist dem des Gusswaarenemaillirens nachgebildet.

Das Princip beider Methoden ist noch immer dasselbe wie früher. Man bedeckt die durch Beizen, Scheuern etc. vorbereitete Metallfläche, nachdem sie gut getrocknet worden, mit in Wasser suspendirter, zu milchiger Consistenz verriebener Emaille und setzt nach erfolgtem vorsichtigen Trocknen die so bedeckten Gegenstände in Muffeln einer hinlänglichen Glühhitze aus, um die Emaille zu schmelzen. Diese Procedur wird wiederholt, weil man gefunden hat, dass Haltbarkeit und Schönheit der Emaille sich nicht in einem Ueberzug vereinen lassen.

Zum Anhaften am Eisen und zum besseren Widerstehen gegen die Bewegungen des Metalls in der Wärme bedarf man einer rauhen, etwas zerrissenen Emaille, die man als Grundmasse von der eigentlichen Emaille oder Glasur unterscheidet, die darüber aufgetragen wird und eine andere Zusammensetzung haben muss.

Diese letztere Emaille gibt der Waare allein das gute Aussehen und enthält daher auch allein die etwaigen färbenden Bestandtheile, Kobaltoxyd, Manganoxyd etc. Die weisse Farbe und die Undurchsichtigkeit wird dabei vorwiegend durch Zinnoxyd, Magnesia, Knochenasche, Schwerspath und anderes erzielt. Bleioxyd, ein der Leichtflüssigkeit wegen sehr bequemer Bestandtheil der Emaillen, ist neuerdings vermieden, da polizeiliche Untersuchungen seine gesundheitsgefährlichen Eigenschaften klargestellt haben.

Was die Zusammensetzung der Emaillen im Allgemeinen anlangt, so sind eine Menge von Recepten bekannt, die ganz wohl als Grundlage für Versuche gebraucht werden können. Immerhin wird man mit jedem neuen Rohmaterial Versuche zu machen haben, ehe die Recepte Erfolge geben. Auch die ganze Art der Behandlung ist so einflussreich, dass ohne Kenntniss der Handgriffe es unmöglich ist nach Recepten zu arbeiten. Ein geschickter Emaillirmeister erreicht auch ohne genaue Recepte das Ziel und wird sich schnell zu helfen wissen.

Was noch im Allgemeinen als Regel gilt, ist das, dass die Emaillen als fertige Substanzen, nicht als Gemische ihrer Bestandtheile zum Auftragen kommen, weil sich sonst störende Reaktionen auf der zu emaillirenden Metallfläche abspielen könnten, die der Schönheit des Emails Eintrag thun.

Was die Specialeinrichtungen der Emaillirwerke anlangt, so ist darüber in des Verfassers Handbuch der Eisengiesserei, 2. Auflage, Band II, S. 659 bis 702, ausführlich berichtet. Es würde zu weit führen, das dort Entwickelte hier nochmals zu wiederholen.

Es sei nur noch bemerkt, dass ausser Hohlgefässen und Geschirren ganz besonders die Herstellung von Strassen-, Nummern- und anderen Schildern in den Emaillirwerken geschieht.

Ein Verfahren, noch Dachplatten von Schwarzblech zu emailliren, haben sich F. Fliegel und E. Püttmann in Hagen (D. R.-P. No. 34396. Dingler 260, S. 78) patentiren lassen.

Auf das Emailliren haben noch nachstehende Patente Bezug:

Hörenz, D. R.-P. No. 21263; Gehring, D. R.-P. No. 20961; Schade, D. R.-P. No. 21968 speciell für Emailliröfen.

3. Kapitel.

Elektrolytische Niederschläge auf Eisen.

§ 936. Die für andere Metallwaaren in grösster Ausdehnung verwerthete Elektrolyse wird für Fabrikate aus schmiedbarem Eisen in sehr beschränktem Maasse nur angewendet.

Zunächst ist zu bemerken, dass sich galvanische Fällungen auf Eisen im Allgemeinen schlechter und schwieriger darstellen lassen als auf anderen Metallen, namentlich Kupferlegirungen.

Das Eisen ist in den meisten Bädern, die zum Niederschlagen von Metallen gebraucht werden, löslich und daher bedarf es grosser Vorsicht, um auf Eisen gute Niederschläge zu erhalten.

Am besten trägt sich Kupfer auf, sowie Messing, welche vielfach als Unterlagen für andere Metalle dienen können. Vgl. die Methoden von Walenn (Chemical News XXIII und danach Dingler's Journal 197, S. 239.)

Auch Gauduin, Weil und Wilde haben verschiedene Methoden angegeben, Eisen zu verkupfern. (Vgl. Ponthière, Electrométallurgie, 2. Auflage 1891, S. 132.)

Cristofle hat Eisen- und Stahlsachen mit Gold und Silber incrustirt, indem er die Zeichnungen mit einem Bleipräparat auftrug, alles andere isolirte und das Blei durch eine besondere Behandlung wegnahm, ehe er die Objekte in die Gold- und Silberbäder brachte. (Ponthière a. a. O.)

Wie schon erwähnt, ist die Elektrolyse und Galvanoplastik noch sehr wenig im Grossen bei der Oberflächenbehandlung des Eisens verwendet und höchstens die Drahtwerke wenden häufiger eine Verkupferung an, die aufs Einfachste eingerichtet ist.

4. Kapitel.

Ueberzüge durch oxydirende Behandlung des Eisens. Inoxydationsüberzüge.

§ 937. Vor 15 Jahren etwa tauchte ein in England, bezw. Amerika erfundenes Verfahren auf, Gusswaaren und andere Eisenfabrikate durch Behandeln mit überhitztem Wasserdampf mit einer Schicht von Magnetoxyd zu bedecken, welche alsdann jede weitere Oxydation, namentlich aber das unangenehme Rosten, verhindern sollte.

Anfänglich etwas ungläubig begrüsst, gewann das neue Verfahren nach und nach Boden, als die Inhaberin der bezüglichen Patente, Société d'inoxydation et de platinage, Paris-Grenelle, nach jahrelangen Proben den Beweis lieferte, dass die erzeugten dünnen Schichten auch fest genug am Eisen haften, um verschiedenen Verwendungszwecken zu entsprechen. Von da an verbreitete sich die Anwendung immer mehr, wenn es auch zweifelhaft erscheint, dass die Sache ihren Fortgang in der bisherigen Weise nehmen wird.

Neben der von Barff vorgeschlagenen Anwendung des Wasserdampfes, deren Grenzen in einer sehr interessanten Besprechung von Akermann in Iron 1876 (Oesterreichische Zeitschrift 1876, S. 425) wissenschaftlich festgestellt wurden, trat ein Verfahren von A. S. Bower in Saint Neots (England) auf, welches lufthaltige Feuergase auf die betreffenden Gegenstände einwirken, dann eine reducirende Behandlung durch Kohlenoxyd folgen liess, dabei aber die Mitbenutzung erhitzter Wasserdämpfe nicht ganz ausschloss.

Das Verfahren von Bower, Einwirken lufthaltiger Feuergase auf die betreffenden Gegenstände, dann reducirende Behandlung durch Kohlenoxyd, soll für Stahlsachen sich besser eignen als die Barff'sche Methode. Doch wendet Bower (vgl. Dingler 1882, Bd. III, S. 292) ebenfalls eine geringe Dosis von überhitztem Wasserdampf an, neben Luft, Feuergasen etc.

Es entstand so das Bower-Barff'sche Verfahren, über dessen Fortschritte besonders R. M. Daelen in Stahl und Eisen 1884, S. 98 u. 265, ausführlicher und unter Vorlage der Ofenconstruktion berichtet.

Der unter No. 29304 in Deutschland patentirte Bower'sche Ofen besteht aus einem länglich überwölbten Raum, der etwas an die älteren Cokesöfen (vgl. im ersten Band) erinnert, mit drei Rostschachtgeneratoren an der Seite, deren Gase, gesammelt und mit einem gewissen Quantum von vorgewärmter Verbrennungsluft gemischt, die Kammer mit ihren Einsätzen bis auf 800—900^0 erhitzen, während die Abgase die Luftvorwärmung besorgen. Ist die helle Rothgluth gleichmässig vorhanden, so lässt man mehr Luft eintreten und arbeitet 15—20 Minuten oxydirend.

Die entstandene Schicht wird nunmehr durch eine reducirende Behandlung während 20 bis 30 Minuten in Magnetoxyd übergeführt, wozu bloss der Schluss aller Lufteinlässe genügt. Nach Ablauf der letzten Frist sperrt man auch die Gase ab und lässt bis 200^0 abkühlen, worauf entleert werden kann

Man kann durch Wiederholen der Manipulation die Dicke der Schicht nach Belieben verstärken, was ja aber nicht in allen Fällen rathsam ist.

Eine 4 m lange und 1,5 m breite wie hohe Kammer braucht täglich ca. 1 Tonne Kohlen; man hat Kammern bis zu 11 m Länge und 1,8 m Höhe und Breite ausgeführt.

Das Barff'sche Verfahren, mit Wasserdampf allein, kann auch in solchen Apparaten durchgeführt werden; man heizt in gleicher Weise an und führt in der Oxydationsperiode nur anstatt des Luftüberschusses Wasserdampf ein. (S. a. Kerpely-Kossmann's Berichte 1884/85, S. 203.)

§ 938. Einen anderen Ofen zur Inoxydation mit Wasserdampf und Kohlenwasserstoff betreibt W. Arthur in Cowes. Es ist eine wirkliche Muffelfeuerung mit gusseiserner Muffel, in welcher die gereinigten Gegenstände aufgestapelt werden. Man behandelt sie zuerst mit Wasserstoff, welcher die Oberflächen noch weiter reinigen und für die Einwirkung des Dampfes vorbereiten soll (?!). Dann wird Dampf durch einen besonderen, über der Muffel liegenden und von der Abhitze bestrichenen Ueberhitzer geleitet und in das Muffelinnere einströmen gelassen, wodurch sich die Einsätze mit einer Schicht von Magnetoxyd überziehen.

Gleichzeitig tritt durch einen anderen Ueberhitzer verdampftes Erdöl in genau regulirtem Strom in die Muffel, um die gewünschte Reduktion hervorzubringen. Der Apparat ist nicht so complicirt wie der Bower'sche Ofen, vielleicht aber auch nicht so leistungsfähig.*)

Neuere Verbesserungen des Verfahrens bespricht Dr. Geo W. Gessner in Industries 1888, S. 139, danach unter Anderem Oesterreichische Zeitschrift 1888, S. 694.

Andere Patente zum Ueberziehen von Eisen mit oxydirten Schichten sind: D. R.-P. No. 22858 von Welter in Lüttich, Dämpfen von Eisen und Stahl, und No. 22543 von Thomson, Dasselbe.

Die dem Amerikaner Gill ertheilten Patente: Amerikanische Patente No. 283999 und 284002, bezwecken die Behandlung des Eisens durch Wasserdämpfe und Kohlenwasserstoffe.

Man sieht, dass ein gewisser Wettstreit auf diesem Gebiet entstanden ist, welcher eventuell noch zu technischen Erfolgen führt, wenn auch für den eigentlichen Hüttenbetrieb die Sache kein besonders lebendiges Interesse hat, allenfalls für Röhrenwerke.

Ein eigenthümliches Ueberziehen ist das Behandeln mit Salzsäure gebeizter Eisensachen durch kaltes oder heisses Wasser oder besser noch Dampf zur Entfernung des Eisenchlorids, Trocknen und Ueberziehen mit einer Lösung von Kautschuk, Guttapercha oder Harz in Petroleum. Es bleibt nach dem Verdunsten des letzteren ein dauerhafter emailleartiger Ueberzug zurück.

Auch glasartige Ueberzüge durch Bäder von kiesel- und borsaurem Natron nach erfolgtem Beizen sollen sehr haltbar sein. (Stahl und Eisen 1882, S. 122.)

5. Kapitel.

Ueberzüge durch Legirung.

§ 939. Dergleichen Ueberzüge entstehen zunächst durch Auflegen und Anschweissen von Metallblättern auf dem zu bedeckenden Metall, also durch das sogenannte Plattiren, eine in der Metalltechnik sehr wohl bekannte Operation.

Auf Eisenfabrikate wird sie wenig angewendet und nur bei der Herstellung von Feinblechen, die man entweder durch direktes Aufschweissen und Auswalzen mit Nickel überzieht oder durch andere Kunstgriffe mit Kupferüberzug versieht.

Allgemeineres darüber theilt Kerpely in seinen Berichten 1879/80, S. 420, mit.

Brix beschreibt das Kupferplattiren der Eisenbleche zu Dillingen, wo man eine glühende Blechplatte (Stahl oder Eisen) mit Zinnfolie belegt, darauf eine Kupferplatte bringt und das Ganze auf Maass auswalzt.

Die Zinnfolie bildet das Löthmittel für beide Metalle, welche in dieser Form das Material für Hausgeräthe und Metallpatronenhülsen abgeben. (Glaser's Annalen 1882, S. 216.)

Viel wichtiger und bedeutsamer ist das Ueberziehen des Eisens mit leichtflüssigen Metallen durch Eintauchen und oberflächliches Legiren. In dieser Weise kann man ausserordentlich dauerhafte, schützende Ueberzüge herstellen, welche nebenbei auch in ästhetischer Hinsicht besseres Aussehen haben als das rohe Eisenblech.

Es handelt sich hier wesentlich um das Verzinnen, Verzinken und Verbleien von Blech, eventuell auch Draht, sowie selbst fertigen Eisenwaaren.

*) Vergleiche noch Gruner, Inoxydiren, Comptes rendres 96, 195, und Kirsch, Bower-Barff'sches Verfahren, Revue universelle 1882, 608.

Das Verzinnen der Eisenfabrikate.

§ 940. Das Verzinnen beruht auf der Eigenschaft des Eisens, sich leicht mit Zinn zu legiren und dadurch die Herstellung eines Zinnüberzuges zu ermöglichen, wenn genügend vorbereitete Eisenfabrikate in geschmolzenes Zinn getaucht und nach einigem Verweilen wieder herausgenommen werden.

Bedingung des Gelingens ist die möglichste Reinheit der Oberfläche des zu verzinnenden Gegenstandes, d. h. das Vorhandensein einer blanken Metallfläche.

Das Verfahren selbst wird im Bereich der Eisenhüttenwerke nur auf die Herstellung verzinnter Feinbleche, der sogenannten Weissbleche, angewandt; andere Verzinnungsarbeiten gehören in das Bereich der mechanisch-metallurgischen Technik.

Auch bietet die Weissblechdarstellung insofern das belehrendste Beispiel für die Technik der Verzinnung, als man ihre Einrichtungen auf Massenfabrikation hier modificiren musste, um die Concurrenz zu überwinden, die besonders von England aus übermächtig auftritt.*)

Die fertigen und genau auf Maass beschnittenen Schwarzbleche, welche, um gutes Weissblech zu geben, aus sehr homogenem und schlackenfreiem Material hergestellt sein müssen, werden zunächst gebeizt (wozu man theils Schwefel-, theils Salzsäure von bestimmter Verdünnung anwendet) und durch Glühen bei Luftabschluss weich gemacht. Man verpackt die gebeizten und abgetrockneten Bleche in luftdicht schliessende Kisten und führt sie auf Wagen oder beweglichen Ofensohlen in die Glühöfen ein, wo sie 10—15 Stunden bleiben.

Nach dem Glühen lässt man die Bleche in Bündeln und in vielfach gewechselter Lage durch Hartwalzen gehen, um sie wieder zu glätten, unterwirft sie dann einer genauen Revision und scheuert sie nach nochmaliger Beize mit Sand ab.

Erst jetzt übergibt man sie dem Zinnherd mit seinen verschiedenen Kesseln, welche so disponirt sein müssen, dass sie den Uebergang jedes Arbeitsstückes von einem zum anderen möglichst erleichtern und in bequemer Weise geheizt werden können.

Zur besseren Reinigung sowie zur Beseitigung jedes Feuchtigkeitsrestes taucht man die Bleche zuerst in geschmolzenen Talg und dann nacheinander in zwei mit Zinn gefüllte Kessel, den Verzinn- und den Bürstkessel. In beiden bildet sich eine dünne Zinnschicht aus, deren Rauhigkeiten durch Ueberfahren mit einer Wergbürste beim Verlassen des dritten Kessels beseitigt werden müssen.

Die Tafel gelangt nunmehr in den Feinzinnkessel und dann in den fünften oder Oelkessel, in welchem sie durch ein Paar halb in das Oel eintauchende Walzen heruntergezogen wird, um gleich daneben durch ein anderes Walzenpaar wieder in die Höhe zu steigen. Dadurch streift sich etwaiger Zinnüberschuss rasch ab und die Tafel kann nun zum Abkühlen bei Seite gestellt werden.

Wiederholtes Putzen mit Mehl, Kleie, Sägemehl, selbst gelöschtem Kalk, entfettet das Blech, welches schliesslich noch auf Wollstoff- oder Schaffellunterlagen mit gleichartigen Wischern abgerieben und blank geputzt wird. Darauf folgt eine Sortirung und die Stempelung des verkäuflichen Produktes. (Vgl. Stoll in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses, 4. Juni 1883.)

§ 941. Zu bemerken ist, dass nach einer Darstellung von Trubshaw (Journal Iron and Steel Institute 1883, I, S. 252; Glaser's Annalen 1883, No. 143) die Verzinnung in England mit verschieden warmen Zinnbädern erfolgt. Der erste Zinnkessel ist heisser und die Bleche, vorher 4 Minuten in Palmöl oder Talg getaucht, bleiben 4 Minuten darin, worauf sie abgebürstet werden und in die beiden nächsten Zinnkessel gelangen, die eine niedrigere Temperatur haben. Sie werden hier einzeln durch die Dicke der Zinnschicht regulirende stählerne Walzen (Patent Morewood) herausgehoben und gelangen dann in den mit Walzen (Patent Cookley) ausgerüsteten Oelkessel.

Vorrichtungen zur Herstellung von Weissblech beschreiben A. Th. Davies (D. R.-P. No. 39483) und D. E. R. Lewis (D. R.-P. No. 38158).

Ueber Verzinnen und Verzinnapparate bietet die Literatur der letzten Jahre viele Mittheilungen und neue Erfindungen, unter denen hier nur das deutsche Patent No. 44094 von Barthel & Möller und die englischen Patente von Henry Lintz (Stahl und Eisen 1889, S. 149), Edward, Lewis & Jones (Stahl und Eisen 1888, S. 398) unter Anderem angeführt werden mögen.

Weiteres über Zinnereibetrieb findet sich noch in Stahl und Eisen 1889, S. 552.

Eigenthümlich ist ein Verfahren von J. Brandt in Berlin (D. R.-P. No. 37950), Eisenwaaren zu verzinnen, welches in Eintauchen in Zinn mit 10—20/$_{00}$ *Ag* und Ablöschen etc. besteht. — Das Referat in Wagner's Jahresbericht 1887, S. 476, ist nicht ganz klar!

Verzinnen und Verbleien geschieht nach Gutensohn (D. R.-P. No. 37919) durch Beizen des Metalls, Eintauchen in eine Lösung von Zinnchlorid, Borsäure und etwas Salzsäure, welche dann mit Salmiak gesättigt und schliesslich mit 3—5/$_{00}$ Glycerin versetzt wird. Aus dieser Lösung gelangen die Gegenstände schliesslich in geschmolzenes Zinn und werden wie gewöhnlich behandelt.

*) Manche continentale Werke, welche das Verzinnen der selbstdargestellten Bleche vor 20 Jahren noch in ziemlich erheblichem Maassstabe betrieben, mussten in der Zwischenzeit diesen Betriebszweig ganz einstellen, um nicht mit Schaden zu arbeiten.

§ 942. Ein Weissblech mit hohem Glanz erzielt die Aktiengesellschaft Westfälische Union in Hamm mittelst eines unter No. 1620 ihr patentirten Verfahrens, dessen Grundlage die rasche Abkühlung der aus dem heissen Zinnbade steigenden Bleche durch Aufblasen eines kalten Luftstroms ist.

Um Eisendraht silberweiss zu machen, ätzte Heeren denselben zuerst mit Salzsäure, in welcher ein Stück Zink aufgehängt war, und brachte ihn dann in Verbindung mit einer Zinktafel in ein Bad von 2 Theilen Weinsteinsäure auf 100 Theile Wasser, mit Zusatz von 3 Theilen Zinnsalz und 3 Theilen Soda. Nach zwei Stunden kann der Draht durch Poliren oder durch Ziehen glänzend gemacht werden. Diese galvanische Verzinnung liesse sich auch auf bereits aufgewickelten Draht anwenden.

Bezüglich der Verwerthung von verzinnten etc. Blechabfällen ist zu bemerken, dass H. Grimshay (Englisches Patent 1885, No. 9993) eine Säure oder heisse Lösungen von $ZnCl$ und $ZnOSO_3$ anwendet, um verzinkte Abfälle wieder zu entzinken.

Weissblechabfälle lässt W. Beatson (Englisches Patent 1885, No. 11067), in einen Cylinder von Drahtgeweben gefüllt, langsam in einem Bade von Aetznatron oder Aetzkali herumgehen. Gleichzeitig circulirt ein elektrischer Strom, so dass die Abfälle die Anode bilden.

T. Fenwick löst das Zinn elektrolytisch von den Abfällen, benutzt aber eine Zinnchloridlösung (Englisches Patent 1886, No. 8988).

E. R. Blundstone (Englisches Patent 1885, No. 11624) will derartige Abfälle in Cr_2Cl_3 behandeln, welche Sb und Sn lösen und beim Erkalten krystallinisch wieder ausscheiden sollen.

Eine Uebersicht dieser Methoden gibt Ed. Donath in der Oesterreichischen Zeitschrift 1888, S. 265.

Das Verzinken der Eisenfabrikate.

§ 943. Das Verfahren, Eisenfabrikate durch Zinküberzüge gegen Rost zu schützen, das Verzinken oder Galvanisiren (obschon von Galvanismus oder sonst von Elektricität keine Rede dabei ist), hat sich aus schwachen Anfängen heraus zu grosser Bedeutung entwickelt.

Man verzinkt heutzutage eine Menge von Geräthen, Construktionen, selbst Rohfabrikate, um sie gegen Rost dauernd zu schützen, und erzielt annähernd dieselben Resultate wie beim Verzinnen, nur weit billiger.

Das Verfahren wird auf Eisenwerken gewöhnlich nur für Draht und Blech in Anwendung gebracht, während sich specielle Fabriken mit der Fabrikation und Verzinkung von Geräthen, Bautheilen, ganzen Constructionen etc. befassen.

Das Verfahren beruht wesentlich auf der Legirungsfähigkeit des Zinks und des Eisens und auf der Möglichkeit, durch Eintauchen eiserner Gegenstände in geschmolzenes Zink und längeres Verweilenlassen darin einen Zinküberzug auf dem Eisen zu bilden und denselben durch eine zuerst entstehende Eisenzinklegirung zum festen Anhaften zu bringen.

Es sind im Ganzen zwei Bedingungen zu erfüllen, wenn die Arbeit gerathen soll: einmal muss die Oberfläche des Eisens vollkommen metallisch sein und ohne hindernde Ueberzüge; dann müssen die zu verzinkenden Gegenstände vorgewärmt werden, um nicht die Bildung einer festen, abschliessenden Zinkdecke zu veranlassen, welche den Legirungsprocess stören würde.

Um der erstgenannten Bedingung zu genügen, befreit man vor allen Dingen die zu verzinkenden Objekte von den oxydirten Ueberzügen, die aus der Fabrikation herrühren und meist aus Magnetoxyd, seltener aus Eisenoxyd bestehen. Man entfernt dieselben durch Beizen mit Säuren, durch Blankscheuern und andere Operationen.

Für das Verzinken genügt eine Beize nicht; man beizt oft mit Schwefelsäure vor und spült danach das Fabrikat sauber ab, worauf eine sorgsame Revision der nunmehr blossgelegten Metallfläche stattfindet. Dann beizt man mit roher Salzsäure, wie sie im Handel auftritt, und bringt sie mit dem Säureüberzug nach einer Trockenkammer, um die Säure und das Wasser zu verjagen und die Bleche auf eine gewisse Temperatur zu bringen. Sind sie heiss genug, so taucht man sie in das Zinkbad, das oftmals mit gepulvertem Salmiak bedeckt wird, ein und nimmt sie nach einer durch die Erfahrung zu bestimmenden Zeitdauer wieder heraus.

Amerikanische und andere Werke wenden den Kunstgriff an, die Badoberfläche durch einen aufrecht gestellten Flachstab zu theilen und auf dessen einer Seite die Salmiakbestreuung des Bades, auf der anderen dagegen eine Sanddecke, die kühl gehalten wird, zu machen, um das Abstreifen des Zinks zu erleichtern und die Verluste zu beschränken.

Man taucht dann die Bleche auf der Salmiakseite unter und zieht sie, nachdem man sie unter der Eisenstange weggeführt, auf der anderen Seite wieder aus dem Bade heraus.

Man kann nach dem Abklopfen des etwa anhaftenden Sandes die Bleche sofort stempeln und verpacken. Auch ein Glätten mit Walzen kommt vor, um Bleche für architektonische Zwecke zu erhalten. (Vgl. Jernkontorets Annaler 1881, 8. Heft; Stahl und Eisen 1882, S. 166; Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1882, S. 151 u. 360; Le Technologiste 1881, No. 161.)

§ 944. Verzinken von Eisenblechen soll nach J. A. du Rietz in Petersburg (D. R.-P. No. 38284) durch ein Bad aus Blei und Zink geschehen, in welchem die beiden Metalle in einer mit Scheidewand versehenen Pfanne so angeordnet sind, dass die betreffenden Gegenstände erst durch das flüssige Blei, dann durch die niedrigere Zinkschicht in dem anderen Schenkel gezogen werden. Die Vorwärmung geschieht im Blei und die Verzinkung ist in geringer Schichtendicke möglich und ohne Bildung von Hartzink (Zinkeisen?).

Das Entfernen von überschüssigem Zink geschieht nach dem Deutschen Reichs-Patent No. 36706 von F. W. Koffler und E. Zwierzina durch Abstreifen im flüssigen Zustand, so dass nur eine dünne und harte Schicht von Zinkeisen bleibt. Derartige Gegenstände können mit anderen Metallüberzügen versehen werden.

Um die Verunreinigung der Zinkbäder durch Zinkeisenlegirungen und die dadurch entstehende Verdickung möglichst zu vermeiden, hat Thum vorgeschlagen, die meist angewendeten guss- oder schmiedeeisernen Behälter, welche von aussen her erwärmt werden, durch eine andere Anlage zu ersetzen, bei welcher die nothwendige offene Oberfläche des Bades erhalten bleibt und dennoch eine andere Art der Befeuerung möglich ist.

Der Apparat ist ein oblonger, rinnenartiger Flammofenherd mit zwei Feuerungen an der einen und zwei Füchsen nebst Essen an der anderen Langseite. Diese beiden Feuerungsanlagen sind überwölbt und geschlossen, während der dazwischen befindliche Theil des Herdes unbedeckt und frei bleibt.

Durch Versuche ist zu ermitteln, der wievielste Theil der gesammten Metallbadfläche mit Feuer überströmt werden muss, wenn das Ganze flüssig bleiben soll. Die Gewölbe der beiden Feuerungsanlagen ruhen einerseits auf der Ofenwand der Schmalseiten, andererseits, d. h. nach dem offenen Theil des Herdes, auf einem Gurtbogen, der von einer Langseite zur anderen geschlagen ist und eine Widerlagmauer trägt. Diese taucht, wenn das Bad voll ist, in dasselbe ein und schliesst die Feuerungsanlagen von der Aussenluft ab. Durch die Wärmeleitungsfähigkeit hoffte Thum das Ganze flüssig zu erhalten.

Während des Einschmelzens des Bades wird der Mittelraum des Beckens gegen vorzeitige Abkühlung durch eine provisorische Decke von Thon- oder Eisenplatten geschützt, die man ja auch in den Zwischenpausen der Arbeit wieder auflegen kann.

Die Herdsohle besteht aus magerer Thonmasse, welche auf Ziegelmauerung aufgestampft ist. Die Langseiten sind durch eingebaute Eisenwände stark verankert und gegen das Durchbrechen des Metalls gesichert.

Ueber die praktischen Erfolge der Einrichtung wird nichts mitgetheilt; es bleibt zu bezweifeln, dass eine derartige flache Badanlage alle möglichen Fälle der Verzinkung ausführen lässt.

J. Heidler und J. Rosser in Rothau (Böhmen), D. R.-P. No. 23277, finden einen Zusatz von 0,005 bis 0,01 *Sb* vortheilhaft (Wagner-Fischer 1883, 29, S. 230).

Ueber Verzinken siehe noch Georg, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1886, S. 721.

Die Vorzüge des verzinkten Eisendrahtes betreffs seiner längeren Dauer werden hervorgehoben in der Deutschen Bauzeitung 1878, S. 134.

Danach hat verzinkter Telegraphendraht nach 25 Jahren keine merkliche Verschlechterung gezeigt, während unverzinkter bereits nach 15—20 Jahren nicht mehr zu brauchen ist.

Das Verbleien der Eisenfabrikate.

§ 945. Das Blei lässt sich weit schlechter als Zinn und Zink auf das Eisen bringen, und man muss stets eine Zwischenschicht von einem der beiden Metalle auf dem Eisen hervorrufen, um dann das Blei genügend zu fixiren.

In dieser Weise hat man schon sehr frühzeitig die Bleimäntel der gusseisernen Geschosse auf denselben fixirt, indem man sie eine Zeit lang in geschmolzenes Zink hing und dann mit Blei umgoss.

Unter den neueren Vorschlägen, die sich auf Verbleien im Einzelnen und das Behandeln der gedachten Legirungsüberzüge im Allgemeinen beziehen, mögen folgende hier stehen.

Verbleien ohne Zinn, O. Elberling in Dresden, D. R.-P. No. 38897: Beizen der Metallflächen, starkes Bürsten mit Löthwasser, Erhitzen auf etwa 360^0, Auftragen von flüssigem, chemisch reinem Blei, Einbürsten mit Stahlbürsten, bis eine innige Verbindung beider Metalle an den Berührungsflächen stattgefunden (Wagner 33, 1887, S. 475).

Braddock (Amerikanisches Patent No. 371241) überzieht das Eisen zuerst elektrolytisch mit *ZnSnPb* etc. und taucht es dann in ein geschmolzenes Bad desselben Metalls.

Deckmasse für Blei-, Zinn- und Zinkbäder von A. Eckhardt in Hörde (D. R.-P. No. 38726): Emulsion von Oel, Fett oder Harz oder Mischungen dieser Substanzen mit $NaCl$, $NaCO_3$, dann Zusatz von NH_4CO_3 oder NH_4Cl — oder Emulsion von Oel, Fett etc. mit $Na_6P_2O_8$ oder $NaOO_3$ mit späterem Zusatz von NH_4CO_3 bezw. $(NH_4)_6P_2O_8$.

Dritte Abtheilung.

Die Anordnung und Ausführung der ganzen Anlagen.

§ 946. Die Anlagen zur Herstellung und Verarbeitung des schmiedbaren Eisens müssen wegen der Vielfältigkeit der Arbeiten noch mehr Ansprüchen genügen als es bei der Anordnung der Hochofenwerke sich ergab.

Bei den letzteren sind wenige, mit grossen Massen arbeitende Apparate und Vorrichtungen anzuordnen, während bei den ersteren eine sehr grosse Anzahl sehr verschiedener Apparate thätig sind, die im Einzelnen doch geringere Massen zu bewältigen haben.

Die wiederholten Manipulationen, welche mit dem gleichen, die Processe durchlaufenden Stofftheile vorgenommen werden müssen, geben zu einer grösseren Anzahl von Ruhepausen Veranlassung, wenn nicht alles genau aneinander angeschlossen und doch dabei wieder ein gewisser Spielraum für unvorhergesehene Hindernisse und dadurch erfolgte Stauungen in der Fortbewegung des Arbeitsstoffes gelassen ist, der namentlich räumlich zum Ausdruck kommen muss.

Die folgenden Beispiele werden zeigen, welche Gesetze der Symmetrie etc. bei der Anordnung der einzelnen Werkestheile in verschiedenen Fällen zur Anwendung gelangt sind.

Was am Schluss des II. Bandes über Verkehrsanlagen bei den Hochofenwerken gesagt worden ist, findet auch bei den hier zur Sprache kommenden Einrichtungen Geltung und braucht nicht wiederholt zu werden.

Bahn- und Schifffahrtsanschlüsse sind daher in derselben Weise zu behandeln und zu bedenken, obschon die Transportmassen bei den Puddel- und Converteranlagen nebst Walzwerken niemals so erhebliche sind wie bei den Hochofenanlagen auf die Produktionseinheit bezogen.

Dass bei den Beispielen auch Hochofenanlagen als Theile der Complexe auftreten, liegt an der direkten Verbindung der betreffenden Betriebe mit der Fabrikation des schmiedbaren Eisens — und vervollständigt in mancher Hinsicht das im II. Band gesagte.

Einfaches Puddel- und Walzwerk.

§ 947. Obschon die Aera der auf der Ausübung des Flammofenfrischens beruhenden Betriebe wesentlich der Vergangenheit zugehört, so ist es doch erforderlich, auch über die Anordnung solcher Anlagen etwas hier zu bemerken.

Unter Hinweis auf die ältere Literatur des Faches, welche von Karsten's Zeit an Pläne von Puddelhütten und zugehörigen Walzwerksanlagen wiederholt gebracht hat, wird in Fig. 159 die Anordnung einer Puddel- und Walzhütte mitgetheilt, welche noch innerhalb der letzten 20 Jahre entstanden und in Betrieb gebracht worden ist. Ob und in welcher Ausdehnung der Betrieb heute fortdauert, ist gleichgültig für die hier behandelten Fragen.

Die Hütte liegt in der angedeuteten Weise zur Seite einer Hauptbahn und konnte nur durch ein Geleise, auf dem sich eine Brückenwaage *g* befindet, angeschlossen werden. Dieses Geleise spaltet sich sehr bald nach seinem Eintritt in zwei Parallelgeleise, die längs den Puddelöfen *a a* ausserhalb der Hütte entlang führen und wesentlich den Materialtransport zu vermitteln haben, da die Produkte in mehreren dem Hütteneigenthümer zugehörenden Constructionsateliers selbst consumirt werden, für sie mithin eine Abfuhr von dem Walzwerk selbst nicht vorzusehen war.

Die Puddelöfen zu vier miteinander zugewendeten Füchsen gruppirt, haben jeder einen stehenden Dampfkessel angeschlossen, und die vier Kessel einer Gruppe besitzen einen Dampfsammler, der den Dampf an die Hauptdampfleitung *b* abgibt.

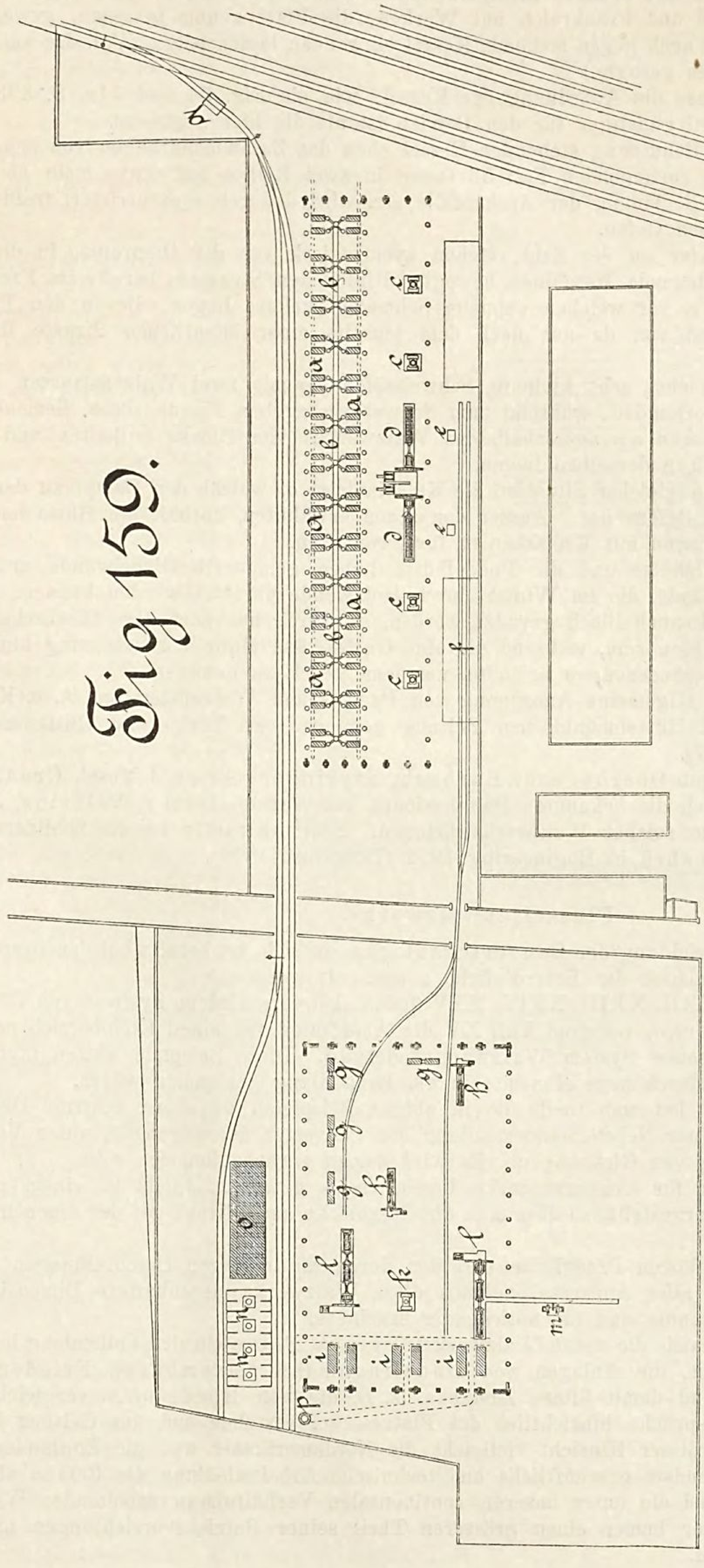


Fig 159.

Diese durch die Anlage des Werkes in einem etwas begrenzten Terrain gebotene Anordnung ist übrigens oftmals in England und Frankreich auf Werken, die Platz genug besassen, gewählt und durchgeführt worden, soviel sich auch gegen stehende Kessel einwenden lassen mag. (Vgl. das am Schluss des § 366, S. 396 dieses Bandes gesagte.)

Es ist zu bemerken, dass die Anordnung der Kessel, wie sie Fig. 54 und 54a, S. 393 dieses Bandes darstellt, im Allgemeinen günstiger für den Betrieb ist als die hier gegebene.

Dagegen gestattet die Benutzung stehender Kessel eben das Zusammendrängen von sehr vielen Oefen in Doppelreihen, also im vorliegenden Fall 56 Oefen in zwei Reihen auf etwas mehr als 160 m Länge. Die Kohlenzufuhr, die Bedienung der Aschenfälle etc. wird dadurch concentrirter, freilich auch die Hitze an den innen gelegenen Oefen.

Die Dampfhämmer *c*, vier an der Zahl, stehen symmetrisch vor der Ofenreihe, in der Mitte zwei Luppenstrassen *d*, durch liegende Maschinen bewegt. Hinter den Strassen, bereits im Freien, befinden sich die Luppenscheeren *e*, vor welchen doppelte Schmalspurgeleise liegen, die in den Packetir- und Vorrathsraum *f* laufen und von da aus nach dem jenseits einer öffentlichen Strasse liegenden Walzwerke führen.

In demselben sind zunächst acht kleinere Schweissöfen *g g* mit zwei Walzenstrassen *h h* zur Herstellung leichterer Profile vorhanden, während zum Schweissen groben Eisens sechs Siemensöfen *i i* vorgesehen sind, deren Generatoren *n n* ausserhalb des Walzwerkes vier Blocks enthalten und an der Zufuhrbahn zwischen zwei Geleisen derselben liegen.

Daneben befindet sich in gleicher Situation die Kesselanlage *o*, welche den Dampf zu den Walzwerken und dem Hammer *k* zu liefern hat. Ausser den schon erwähnten, enthält die Hütte noch zwei schwere Strassen *l l*, die eine davon mit Kreissäge *m* für Profileisen.

Beide Hütten, die Walzhütte und die Puddelhütte haben gemauerte Giebelwände und offene durch Säulen gebildete Längswände, die im Winter durch Holzwände versetzt werden können.

Sollte in solchem Werk auch Blech gewalzt werden, so würde nur noch eine Blechscheere und vielleicht ein Glühofen zu errichten sein, während die eine Grobstrasse unter Voraussetzung hinlänglich kräftigen Baues nur geringe Veränderungen bedürfte, um dem Zweck zu genügen.

Bemerkungen über die allgemeine Anordnung von Puddel- und Walzhütten hat A. v. Kerpely in der ungarischen Berg- und Hüttenmännischen Zeitung gegeben (vgl. Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1870, S. 167, 185, 217).

Es werden die Pläne von Oberhausen, Burbach, Styringen, Ars a. d. Mosel, Creusot und andere wiedergegeben. Vgl. auch die bekannten Publikationen von Schoenfelder, Valérins, Jordan und Andere, die ebenfalls Pläne solcher Walzwerke bringen. Sehr instruktiv ist die Schilderung der Britannia Works bei Middlesbrö in Engineering 1872 (Berggeist 1872).

Flusseisenwalzwerke.

§ 948. Ueber die Einrichtung der Converteranlagen an sich, ist bereits bei der Besprechung der einzelnen Theile solcher Anlagen das Erforderliche mitgetheilt worden.

Auf den Tafeln XXI, XXII, XXIII, XXIV, XXV finden sich verschiedene Systeme von Converteraufstellungen für Bessemerwerke, während Taf. XV die Anordnung für einen Kleinbetrieb nach dem in Antwerpen ausgestellt gewesenen System Walrand wiedergibt. Diese Beispiele hätten füglich vermehrt werden können, wenn dadurch neue Momente in die Behandlung gekommen wären.

Für den Thomasbetrieb hat man theils die in obigen Beispielen gegebene centrale Disposition eingeführt, theils ist man zu einer Nebeneinanderstellung der Converter übergegangen, unter Verlegung der Giessgräben und Benutzung von Giesswagen. Es wird darauf zurückzukommen sein.

Die Walzwerksanlagen für Converterwerke liegen theils getrennt, theils in einem gewissen Zusammenhang durch Geleise hergestellt, so dass man die Gussblöcke auch direkt mit der eigenen Wärme verwalzen kann.

Wegen der durchweg hohen Produktion und der durch die früheren Beschreibungen bekannt gewordenen Grösse und Stärke aller Apparate, nehmen diese Walzwerke riesenhaftere Dimensionen an als man sie für Puddelwerke kannte und für nothwendig erachtete.

Wer in unserem Vaterlande die neuen Walzwerksanlagen zu Peine (in der Vollendung begriffen), Völklingen und Neukirchen, die Anlagen von Dudelingen (bei Luxemburg), Friedenshütte (Oberschlesien) durchwandert und damit ältere Zustände, z. B. die von Hörde u. A. vergleicht, wird zugeben, dass ganz andere Ansprüche hinsichtlich des Platzes etc. bestehen und zur Geltung kommen.

Am meisten haben in dieser Hinsicht vielleicht die Nordamerikaner und die Engländer durchgegriffen — wobei die weitgehendste geschäftliche und technische Arbeitstheilung die Reform allerdings sehr erleichtern musste, während ein unter unseren continentalen Verhältnissen arbeitendes Werk sich auf alles einzurichten und daher immer einen grösseren Theil seiner Betriebsvorrichtungen unbenutzt stehen hat — aber zinsfressend.

Wenn hier nun zunächst ein amerikanisches Werk in einem seiner Bestandtheile vorgeführt wird, so soll darin nur die Wahl einer einfachen, weil von Allem Weiteren losgelösten nur einen Zweck verfolgenden Aufgabe erkannt werden, nicht das Aufstellen eines mustergültigen Programms für einheimische Verhältnisse.

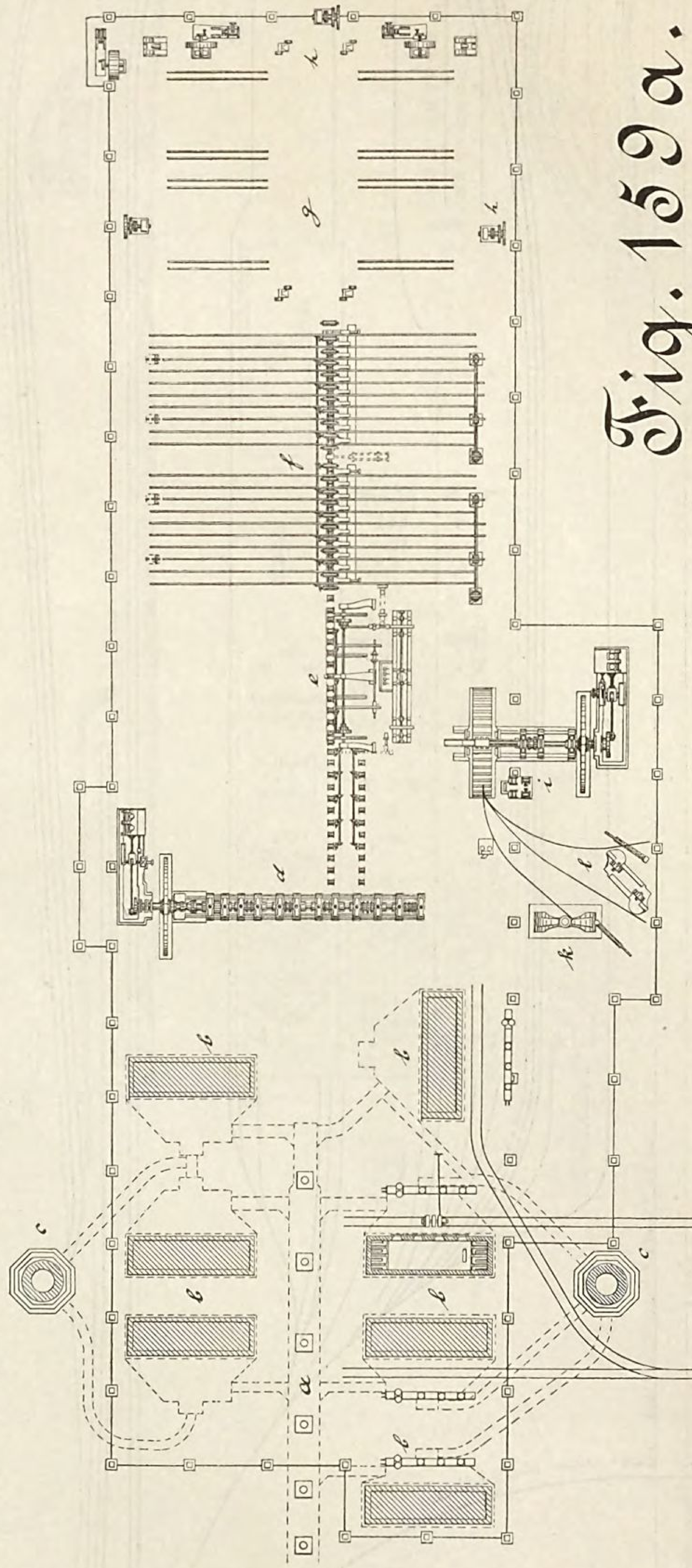


Fig. 159 a.

Die neuesten Leistungen unserer unter recht schweren und noch dazu von socialpolitischer Seite her mannigfach belasteten Verhältnissen stetig voranschreitenden Industrie bedarf dieser Vorbilder nicht, einmal, weil sie sie nicht verwerthen kann, und dann, weil unsere Industrie recht gut selbst weiss, wo sie sich Anregung und Förderung holen kann.

§ 949. Die Fig. 159a stellt ein Schienenwalzwerk aus den Edgar Thomson Works dar, welches seine Walzstücke in Siemensöfen vorwärmt oder nachwärmt, wenn sie direkt verwalzt werden. Diese Schweissöfen *b b* liegen unsymmetrisch aber bequem zu beiden Seiten des Gaskanals *a,* dessen Abzweigungen nach den einzelnen Heizapparaten punktirt angegeben sind.

Die abziehenden Gase werden von zwei starken Essen *c c* aufgesaugt. Die Oefen sind zum Theil mit Einsetzvorrichtungen versehen, die von einer Maschine ausserhalb des Werkes angetrieben werden und die Arbeit ausserordentlich beschränken. Vor der Ofengruppe liegt zunächst das Hauptwalzwerk mit fünf Ständerpaaren, vorwiegend zur Schienenfabrikation bestimmt und mit einer grossen Anzahl von Stichen die Gussblöcke zu fertigen Schienen von vielfacher Länge herabwalzend.

Hinter dem dritten Paare Ständer befindet sich die nach der Scheerenanlage *l* und den Aufstapelbänken *f* führende Rollbahn, während unter *g* und *h* die Fertigstellung der Produkte mit mehreren Werkzeugen geschieht.

Zur Seite befindet sich noch ein Hülfswalzwerk *i* sammt Hammeranlage *k* und Scheere *l.*

Eine grosse Anzahl von Plänen amerikanischer Flusseisenwerke publicirt der Engineering in den Jahren 1874—76.

§ 950. Ein interessantes Beispiel für einen unmittelbar mit dem Converterbetrieb in Verbindung stehenden grossen Walzwerksbetrieb bot stets das berühmte Stahlwerk Barrow in Furness, der dortigen Hematite Steel Co. gehörig. Im Besitz der ebenso nachhaltigen als gleichmässigen besten Erzlagerstätten des Bezirks, verfolgen diese Werke das einfache Programm, das Erz in Bessemerprodukte aller Art zu verwandeln.

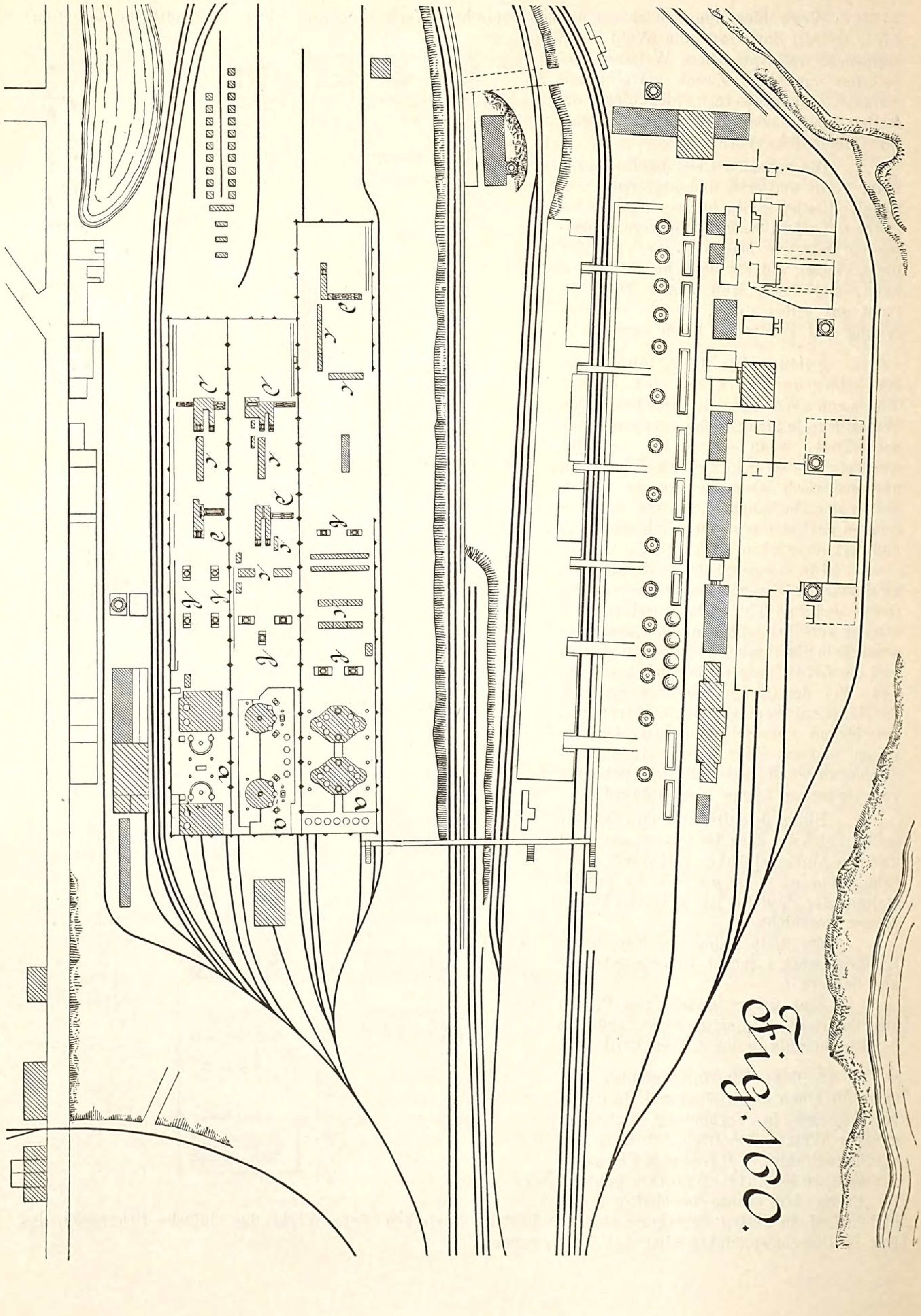


Fig. 160.

Bezüglich der Cokes und der Kohlen allein ist das Werk von anderen Bezirken, denen von Northumberland und Durham für die Cokes, dem von Wigau in Manchester für die Kohlen, abhängig.

Der Plan Fig. 160 lässt erkennen, dass das Werk aus zwei Hälften besteht, welche zu beiden Seiten der Bahnstrecke Barrow-Carlisle und des zugehörenden Geländes liegen und durch eine Brücke mit drei Aufstiegen verbunden sind.

Die Hochöfen mit Winderhitzern verschiedener Systeme liegen mit den Rücken gegen die Bahnanlage (obere Vignettenhälfte), 15 an der Zahl in einer Reihe und vor ihnen die Giesshallen und Abstichfelder, weiterhin die Maschinen- und Kesselhäuser etc. Ein Meeresarm umgrenzt das Land nach jener Seite und bringt das Werk in günstigste Verbindung mit dem bedeutenden Hafen von Barrow.

Sechs schräge Aufzüge, einen Erzstrang überbrückend, verbinden die Möllerhallen mit der Gicht der Hochöfen und zahlreiche Stränge schliessen diesen Theil des Betriebes an die öffentlichen Verkehrsmittel an. Selbst das flüssige Roheisen kann in einer fahrbaren Pfanne von den Hochöfen schnell genug über die Bahn weg und auf die Anschlussgeleise der anderen Seite gebracht werden, um es noch direkt in den Bessemerretorten verblasen zu können.

Das diesseits der Bahn liegende Bessemer- und Walzwerk zeichnet sich ebenso wie das Hochofenwerk durch die Zahl seiner Apparate und Vorrichtungen aus.

In drei parallelen Hallen, welche aber miteinander durch Säulenwände in Verbindung stehen, liegen an der einen Seite die Converteranlagen *a a*, denen sich in gleichmässiger Folge die Hämmer *b b*, Oefen *c c* und Walzwerke *d d* anschliessen.

In der ersten Halle, nach der Strasse zu, an der die Verwaltungsgebäude das Werk nach der Stadt hin begrenzen, finden sich einander gegenüber zwei Paar Converter, nach dem ursprünglichen englischen System mit Centralkrahn disponirt. Rechts und links davon liegen zwei grössere Cupolöfen.

In der Mittelhalle sind zwei Convertergruppen zu drei um je einen Krahn aufgestellt und auf einer Terrasse vier grosse Cupolöfen.

In der zuletzt eingerichteten Innenhalle sind zwei Convertergruppen mit je sechs Convertern und zwei Krahnen vorhanden, welche ihre Chargen von sieben Cupolöfen erhalten, die an der Giebelwand der Halle in einer Reihe stehen.

Im Ganzen sind mithin $2 \times 2 + 2 \times 3 + 2 \times 6 = 22$ Converter angelegt worden, von denen aber immer nur eine gewisse Anzahl im Betrieb sich befindet. Zunächst der Converter stehen in der ersten Halle vier Hämmer, in der zweiten drei und in der dritten deren vier.

Auch dieser Hallencomplex ist durch zahlreiche Geleise an die Eisenbahn angeschlossen, während die Innenräume von schmalspurigen Geleisen durchfurcht sind.

Was die Vertheilung der Produktion auf die einzelnen Hallen und Arbeitsplätze anlangt, so dient in der vorderen Halle das den Hämmern nächste Walzwerk der Darstellung von Handelseisen, das weiter entfernte aber der Schienenwalzerei. Die Zunahme der Schienennachfrage liess auch in der mittleren, wie auch der hinteren Halle die freien Raumtheile (links) zur Anlage von Schienenwalzwerken benutzen, während das mittlere Walzwerk der Mittelhalle zur Blechfabrikation gebraucht wird.

Das übrige Detail bietet kein Interesse; die Maschinen sind in einem besonderen Gebäude hinter der Giebelwand untergebracht.

Man kann die Disposition in Barrow nicht ganz richtig finden, wenn man das Werk besucht hat und sich von der Knappheit von Raum, Licht und Uebersichtlichkeit überzeugen konnte.

Die Trennung des Converterbetriebes von den anderen Betrieben, namentlich unter Benutzung von fahrbaren Giessvorrichtungen, ist unbedingt vorzuziehen.

In dieser Hinsicht boten z. B. die Stahlwerke von Eston der Firma Bolkow-Vaughan & Co. einen sehr angenehmen Anblick, der noch durch die Abwesenheit aller Dammgruben ausserordentlich gewann.

§ 951. Das Beste in jeder Beziehung leisten natürlich die neuen Anordnungen einzelner basischer Werke. Dies zu begründen, braucht nur auf die Fig. 161 gegebenen Planskizzen von den Converterhütten zu Hörde und Peine hingewiesen zu werden.

Man sieht, dass vier bis sechs Converter in einer Reihe stehen, an der einen Seite nach der Cupolofenbühne hinblasend, nach der anderen Seite zu, das Metall in den ebenfalls skizzirten Krahnwagen (Fig. 78, S. 458) ausgiessend, während die langgestreckte Giessgrube in Peine in einer offenen Halle sich befindet, welche die Converterhütte mit den Walzwerken verbindet, in Hörde dagegen vor den Convertern sich hinzieht, aber nach der linken Seite hin bedeutend über die Converteraufstellung hinausreicht.

In anderen Anlagen hat man versucht, mittelst der früher (§ 449 u. ff., S. 454, Fig. 76 A) beschriebenen oder mittelst analoger Einrichtungen die ursprünglich für einen mässig schnellen Betrieb bemessenen Anlagen für eine äusserst intensive Steigerung desselben brauchbar zu erhalten.

Es hat aber immerhin noch seine Schwierigkeiten, in einem knappen Raum, wo die Converter nahe aufeinander sitzen, auch bei grosser Erleichterung des Ausgiessens den Betrieb glatt durchzuführen, und für neue Anlagen ist entschieden von Drehkrahnen und darum gruppirten Convertern ganz abzusehen.

Als mustergültige basische Anlage dürfen noch Dudelingen (Luxemburg) und seine nächsten Concurrenten erwähnt werden.

§ 952. Unter den seiner Zeit grossartig projektirten Anlagen für Converterbetrieb, die sich an ein vorhandenes Werk angelehnt und die durch eigenartige Terrainverhältnisse zu einer späteren theilweisen Umbildung des alten Projektes gezwungen worden sind, gehört entschieden das aus der Initiative Dr. Strousberg's hervorgegangene Werk Dortmunder Hütte, jetzt das Hauptwerk der Gesellschaft Union daselbst, von dem eine ganz neue Planskizze in Fig. 162 dargestellt ist, welche der Verfasser dem wiederholt bewiesenen grossen Entgegenkommen des Herrn Generaldirektors Brauns verdankt.

Das Werk liegt zwischen den Hauptsträngen der im Bahnhof Dortmund zusammenstossenden Bahnlinien der Köln-Mindener (rechtsrheinischen) und Bergisch-Märkischen (Elberfelder) Eisenbahndirektionen.

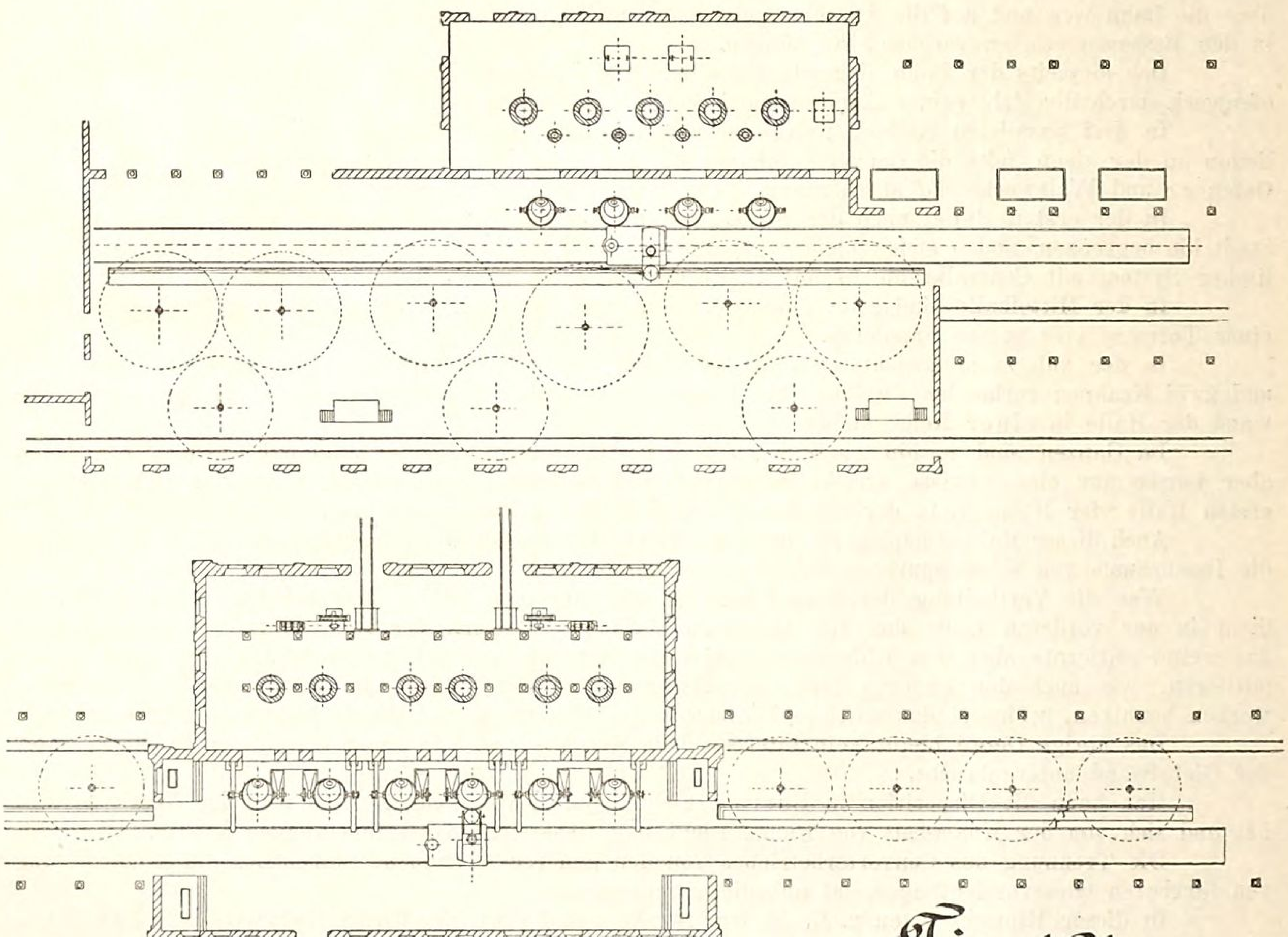


Fig 161

Durch ein Thor im Centralbüreau *w* betritt man eine Strasse, zu deren beiden Seiten sich ein erheblicher Theil der älteren und neueren Werkesanlagen gruppirt. Links erheben sich die neuen Hallen des Brücken- und des Weichen- und Drehscheibenbaues i^1 und *i*. Dann folgen auf derselben Seite ein Magazin *v*, Kesselhaus *t*, die alten Werkestheile: Eisengiesserei *f*, Putzerei f^1, Maschinenbau *g*, Schmiede *h* und andere kleinere Betriebe. (Siehe das angeschlossene Verzeichniss.)

Nach Kreuzung des ersten quergehenden Geleisestranges betritt man das Terrain der Neuanlagen, die sich indess seither gegen den ursprünglichen Plan erheblich verändert haben.

Zunächst stösst man rechts auf den Anfang einer langen Halle, die vordem den Puddelbetrieb enthielt, jetzt aber im vorderen Theil *b* das neueingerichtete Martinwerk enthält, während im Theil *a* noch Puddelöfen stehen und betrieben werden.

Vorher erblickt man rechts allerlei kleine Gebäude zu verschiedenen Zwecken, Fabrikationsbüreaus, Krankenkasse, Magazine u. a. m., endlich gegenüber dem Puddelwerk das grosse Eisenwalzwerk nebst Anbauten.

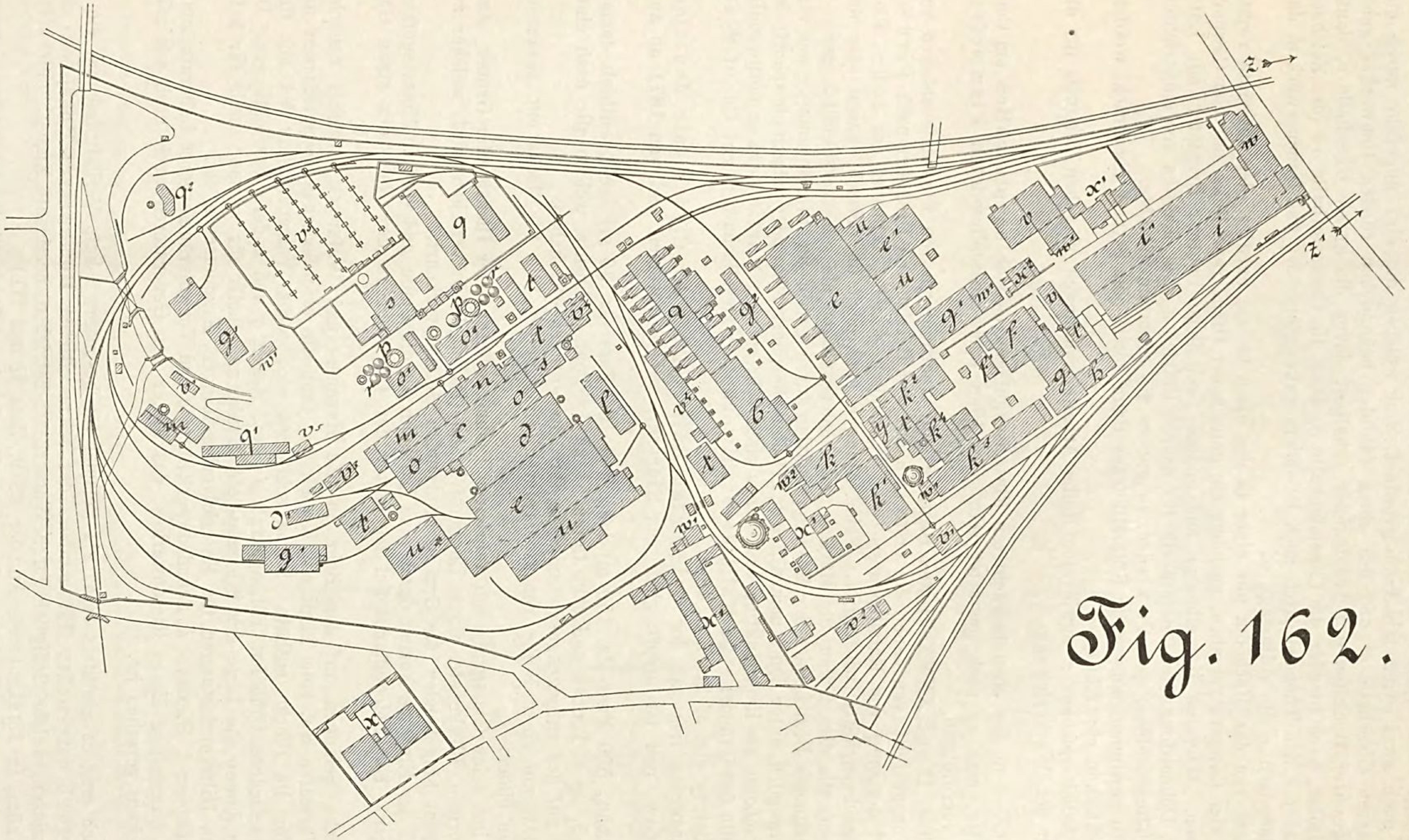


Fig. 162.

Liste der bezeichneten Gebäude:

a Puddelwerk,
b Martinwerk,
c Thomaswerk,
d Hammerwerk,
d^1 Kesselschmiede,
e e Walzwerke,
e^1 Feinwalzwerk,
f Eisengiesserei,
f^1 Putzschuppen,
g Maschinenbau,
g^1 Werkstätten,
g^2 Scheerenschuppen,
h Schmiede,
i Brückenbau,
i^1 Weichen- und Drehscheibenbau,
k Locomotivräder-Schmiede,
k^1 Locomotivräder-Dreherei,
k^2 Wagenräder-Schmiede,
k^3 Wagenräder-Dreherei,
k^4 Bandagen-Aufziehraum,
l Generatoren,
m Steinfabrik,
n Cupolöfen,
o Giess- und Blockhalle,
o^1 Hochöfengiesshallen,
p Hochöfen,
q Cokesöfen,
q^1 Dolomitöfen,
q^2 Kalköfen,
r Winderhitzungs-Apparate,
s Maschinenhäuser,
t Kesselhäuser,
u Adjustagen,
v Magazine,
v^1 Locomotivschuppen,
v^2 Holzschuppen,
v^3 Cokesschuppen,
v^4 Kohlenschuppen,
v^5 Erzlager,
w Centralbüreau,
w^1 Fabrikationsbüreaux,
w^2 Laboratorium,
x Menage,
x^1 Beamten- u. Arbeiterwohnungen,
x^2 Krankenkasse,
y Gasanstalt,
z Rheinischer Bahnhof,
z^1 Bergisch-Märkischer Bahnhof.

Die Hauptgruppe des ganzen Werkes ist aber die ganz von Schienensträngen umschlossene hintere Hälfte, in die man nach Passiren des Puddel- und Martinbaues tritt.

Ursprünglich nach zwei Symmetrie-Axen geordnet, von welchen die eine ungefähr durch die Mitte der einen grösseren Giesshalle o^1 und des einen dahinter befindlichen runden Bauwerkes geht, sollte die halbe Anlage drei Hochöfen *p* nebeneinander erhalten, davor die grosse Giesshalle *o*, dann, immer in parallelen Hallen, nacheinander die Cupolofenhalle *n*, dann die Converterhalle *o o* (der Zeichner hat durch den Buchstaben *c* den Thomasbetrieb noch besonders gekennzeichnet), das Hammerwerk *d*, das Walzwerk für das Flusseisen *e*, die Adjustage *u*.

Man sieht, dass von den Hochöfen nur einer in der alten Grösse existirt, der äusserste rechts ist umgebaut und mit vier Cowpers versehen, nachdem ein ganz neuer Ofen, ganz links, mit vier Cowpers gute Resultate gegeben. Mächtige Kesselhäuser und andere zusätzliche Bauten, Erzplätze mit Luftbahnen, Kalkschuppen, Dolomitbrennöfen, Steinfabrik für sauren Betrieb u. a. m. mussten neu eingerichtet, vor Allem aber für Bahnanschlüsse gesorgt werden, so gut es die Situation erlaubte.

Um Terrain zu gewinnen, musste die Köln-Mindener Bahn sowie eine Strasse überbrückt werden, da es an Platz zu Schlacken etc. fehlte.

Eine grosse Arbeitermenage *x* sowie eine Reihe Arbeiterwohnungen x^1 geben Zeugniss für die humanitäre Thätigkeit der Werkesleitung.

§ 953. Während in den eben betrachteten Flusseisenanlagen es sich hauptsächlich um Converterprodukte handelte, mag es noch gestattet sein, den Plan eines ausschliesslichen Flammofen-Flusseisenwerkes vorzuführen.

Bereits auf Taf. II und XXXX dieses Bandes sind Anordnungen von Flammofenanlagen zur Flusseisenfabrikation dargestellt, von denen die erste sich auf den Betrieb von Drehöfen nach Pernot'schem System unter Benutzung von Entsilicirungs- oder Waschöfen bezieht, während der andere Plan eine steyrische Martinschmelzhütte wiedergibt. Beide Anlagen sind noch im Betrieb, haben aber nur begrenzte Produktionen, wie dies früher für Martin- und Siemensanlagen als selbstverständlich galt.

Heute, wo bestimmte Bezirke sich der Massenproduktion durch Martin- und Siemensanlagen aus verschiedenen Gründen zuwenden, unter denen namentlich das Fehlen phosphorreicher oder nahezu phosphorfreier Erze obenan steht, erscheint die Reproduktion des Planes eines sehr grossen Martinwerkes nothwendig.

Fig. 163 stellt den Grundriss der Hallside-Stahlwerke der Gesellschaft Steel Co. of Scotland dar (Jeans, History etc. of Steel, S. 482).

Der Werkescomplex liegt an der Caledonian Railway, bei der Clydes dale Junction, 5 Meilen von Glasgow, und ist ursprünglich von Siemens selbst entworfen und von 1871 an ausgeführt worden.

Der Schmelzbau, 500 Fuss (ca. 150 m) lang und 100 Fuss (ca. 30 m) breit, enthielt damals (1880) acht Oefen $b_1 b_1$ zu 6 Tonnen und acht Oefen *b b* zu 12 Tonnen Einsatz, welche alle nach einer Seite ausgiessen und auf der entgegengesetzten Seite ihre Steuerungen etc. haben.

Das Gas wird von einer Reihe von Generatoren *a a* geliefert, die 14 Blocks mit zusammen 56 Generatorschächten bilden.

Jeder Ofen hat seine Giessgrube mit fahrbarer Pfanne, während der Dienst aller Gruben, Aus- und Einheben der Formen, Blöcke etc. durch Locomotivkrahn (Patent Düb) versehen wird, welcher auf einem vor der Ofenfront hingehenden, die Gruben kreuzenden Geleise verkehrt.

Das Material der Einsätze kommt durch eine Luftbahn an die Oefen und wird in Einsatzgefässe verladen und gewogen. Ein Spiegelflammofen ist hinter der Ofenfront in der Nähe des einen Gaskanals vorgesehen.

Die Gussblöcke gelangen auf der Bahn in das Hammer- und Walzwerk, welches zunächst 16 Schweiss- und Wärmöfen *d d*, zum Theil mit Kesseln *e e*, dann die erforderlichen Dampfhämmer und die Stapelplätze *g* für die Blöcke enthält. Daran schliessen sich sechs Walzenstrassen *h h* mit fünf Dampfmaschinen, verschiedene Glühöfen, Hilfsapparate *i i* etc., Kessel *q* und andere Vorrichtungen. Die punktirten Rechtecke deuten die Lage der Schienen- etc. Bänke an, theils für warme, theils für kalte Waare. Bei *r* liegen Hilfsvorrichtungen für Materialvorbereitungen, Erzquetschen etc.

Locomotivschuppen *l*, Giesserei *k*, Schmiedewerkstätte *o* und Vorwalzräume nebst Laboratorium *p* vervollständigen die Ausrüstung dieses Riesenwerkes, das hinter den Generatoren auch noch mit zahlreichen Kohlenmagazinen versehen ist.

§ 954. Noch mag es gestattet sein, als Beispiel für besondere lokale Verhältnisse auf die in den Fig. 164a und 164b dargestellte Hüttenanlage der schon citirten Domnarfvet-Hochofen- und Stahlwerke hinzuweisen, welche, lediglich durch Wasserkraft betrieben, bestimmte Eigenthümlichkeiten zeigen. (Wittenström, in Jernkontorets Annaler 1879, Heft II und III.)

Die Anordnung ist generell so getroffen, dass die einzelnen Werkestheile etagenförmig nebeneinander liegen und sonst vollkommen symmetrisch dimensionirt sind. Zu oberst stehen vier Erzröstöfen

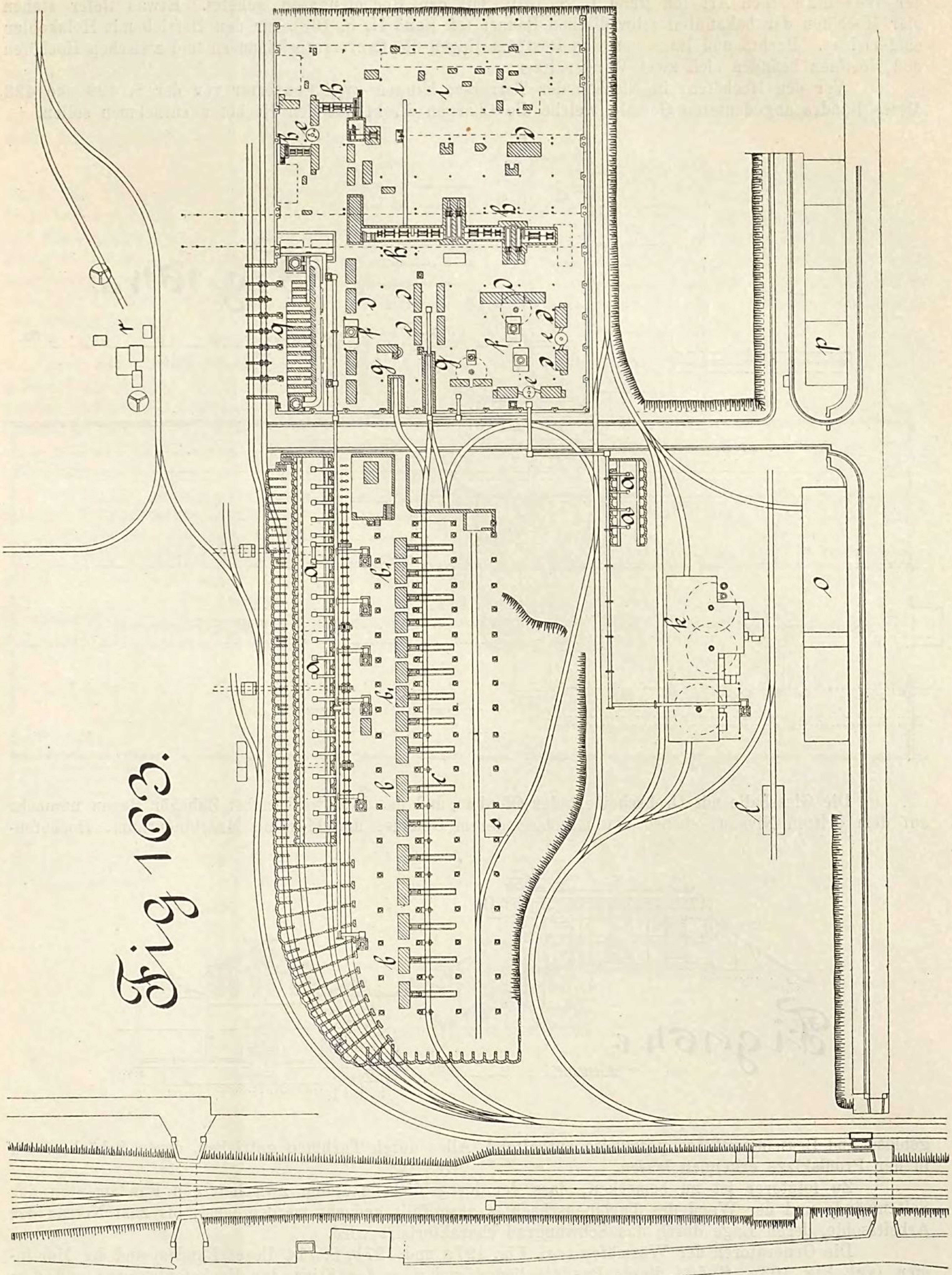


Fig 163.

der Westman'schen Art (cf. Band I, S. 180), mit den Hochofengasen geheizt. Etwas tiefer stehen vier Hochöfen der bekannten schwedischen Bauart (cf. Band II, S. 163), für den Betrieb mit Holzkohlen eingerichtet. Rechts und links von den Röstöfen liegen die Erzvorrathskammern und zwischen Hochöfen und Röstöfen befinden sich zwei Winderhitzer.

Vor den Hochöfen, in Nischen der Terrasse, hängen zwei Converter von der S. 422 und 423 dieses Bandes angedeuteten Gestalt, welche die Chargen direkt aus den Hochöfen entnehmen sollen.

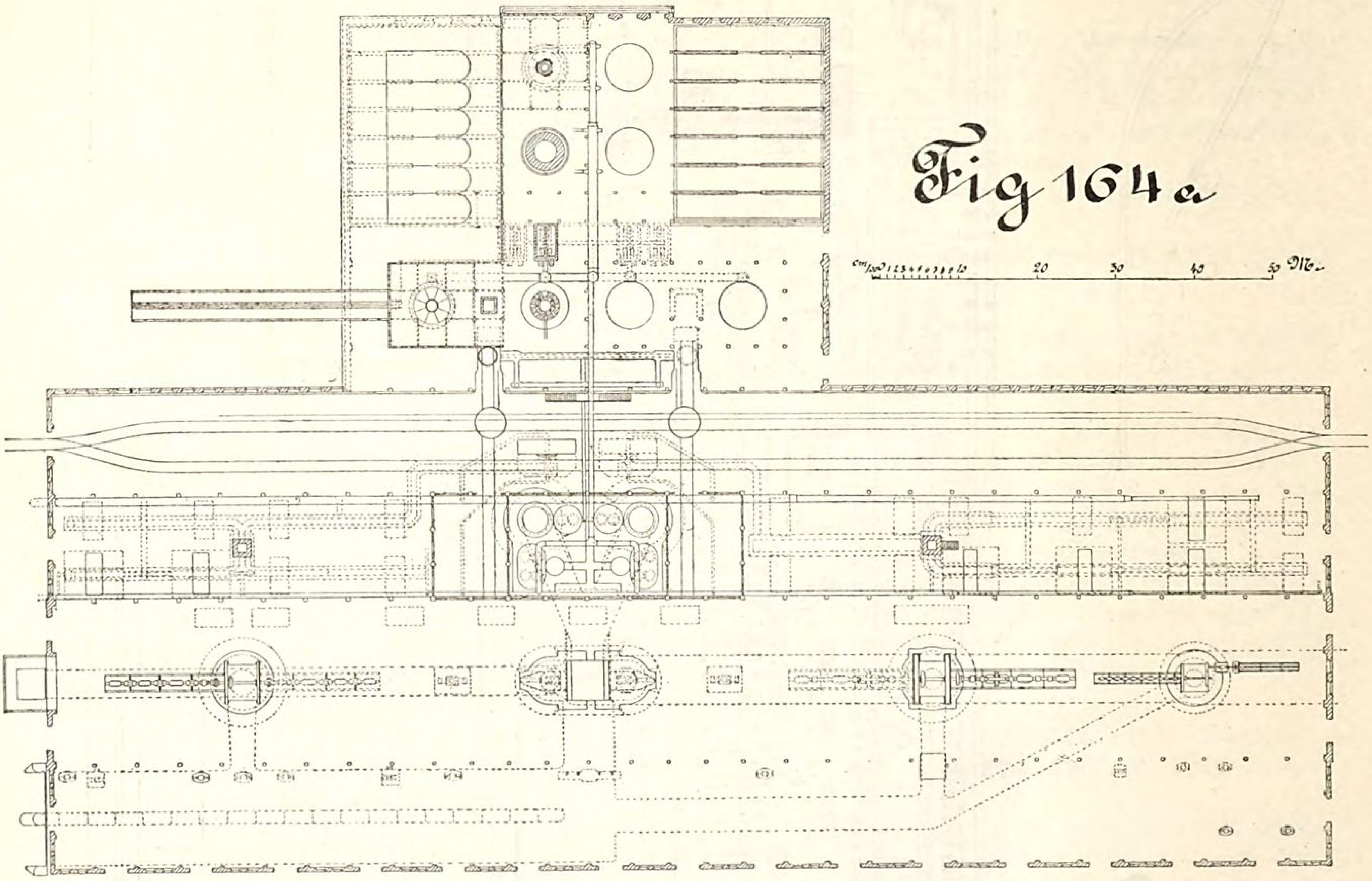


Fig 164 a

Die Giesshalle mit Drehscheiben, der Ofenbau und das Walzwerk nebst Zubehör liegen nunmehr auf dem dritten Niveau, ebenso der mit besonderem Gehäuse umschlossene Maschinenraum, Hochofen-

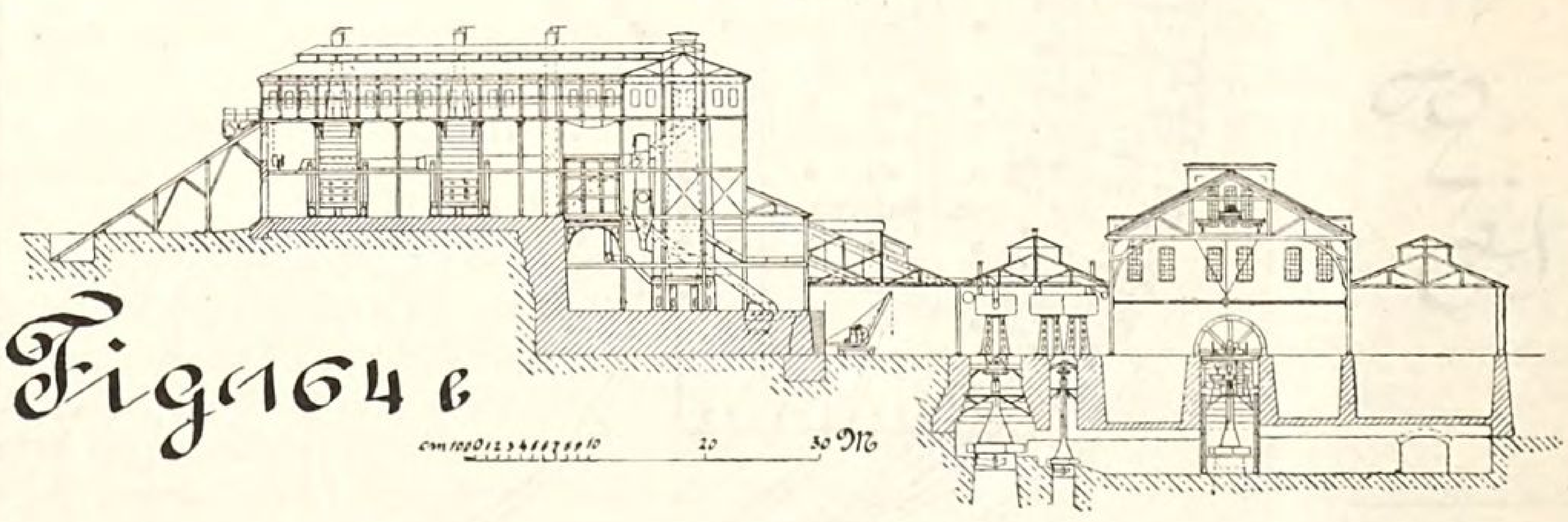


Fig 164 b

gebläse und Bessemergebläse paarweise enthaltend, Alles durch Turbinen getrieben, deren Schächte sich in der Profilskizze erkennen lassen.

Zu letzterer ist zu bemerken, dass der leergebliebene Raum zwischen den Fundamenten der Seitenwände und der Wand des Turbinenschachtes ausgefüllt gedacht werden muss, bis zum Niveau der Arbeitssohle, deren Lage durch das Schwungrad charakterisirt wird.

Die Generatoren der Wärmöfen (vgl. Fig. 127a und 127b, S. 714 dieses Bandes) und der Martinöfen (vgl. Fig. 103a, S. 534 dieses Bandes) liegen zwischen der Stirn der Hochofenterrasse und dem

Maschinenraum. Nach rechts und links führen die punktirt angedeuteten Gaskanäle zu den Ofenanlagen, welche in doppelten Reihen angeordnet sind und je eine Esse in ihrer Mitte stehen haben.

Hinter der durch die Oefen und das Gebläsehaus ausgefüllten Hallenpartie liegen die Walzwerke, sechs Strassen im Ganzen projektirt, von drei Turbinenanlagen getrieben. In der Mitte ist noch das Projekt einer Turbinenanlage sowie zweier Hämmer angedeutet. Die Wasservertheilung ist leicht zu erkennen, die Gräben und Zulässe sind ebenfalls punktirt angegeben. Es ist zu bedauern, dass den zahlreichen Bildern keine ausführliche Erklärung beigegeben ist.

§ 955. Wenn diese Betrachtungen über die Anordnung und Ausführung der ganzen Anlagen durch die Darstellung des auf Textblatt C wiedergegebenen Planes des Gussstahlwerkes der Firma Friedrich Krupp in Essen beschlossen werden, so geschieht dieses nicht, weil Gesammtdisposition und Einzelgestaltung dieses weltberühmten deutschen und speciell rheinischen Werkes durchweg Mustergültiges bieten, sondern um zu zeigen, dass auch eine nach und nach entstandene, anscheinend regellose Agglomeration verschiedener Betriebe durch ausgebildete Verkehrswege, gemeinsame Wasser-, Dampf- und Gasversorgung, durch höchste technische Arbeitsleistung unter einheitlicher Leitung so Grossartiges hat werden können.

Wie in dem höchst interessanten Werk Dietrich Bädecker's: Alfred Krupp, Essen 1890, dem auch das Vorbild des etwas umgezeichneten, hier beigefügten Planes entnommen, nachgewiesen ist, entstand die Anlage, zu der ja als Zubehörungen im weiteren Sinne Erzgruben, Transportflotten, Kohlengruben und mehrere Hochofenwerke gehören, aus kleinen Anfängen, dem Nachlass eines nahezu ruinirten Kleinindustriellen, Friedrich Krupp.

Das Stammhaus w, das Gartenhaus w^1, das jetzige Fremdenhaus w^2 umgeben wie anmuthige Ruhepunkte den nach und nach riesenhaft gewordenen Schmelzbau c, die Geheimstätte der grössten Leistungen der Firma, und bildeten den Kern der Gesammtanlage, welche unter der Leitung von Alfred Krupp über die Strassen und Gelände hinausgewachsen ist und die Stadt Essen neben sich kaum weiter hat ausdehnen lassen.

Wie sich jene kleinen Häuschen zu den Palästen der Villa Hügel verhalten, so die Anfänge des Unternehmens zu den Zeiten des heutigen Glanzes.

Indem auf das genannte Buch zur weiteren Information hingewiesen wird, folgt hier noch die Liste der Bezeichnungen des Planes mit dem Wunsche, dass das vaterländische Eisenhüttenwesen in steigender Entwickelung und Selbstständigkeit weiter sich entfalten möge.

Auf der Texttafel C bezeichnen:

a das Puddelwerk,
b die Bessemerwerke,
c das Schmelzgebäude,
d die Schweisswerke,
e das alte Hammerwerk,
e^1 den Hammer Fritz,
e^2 das Bandagenhammerwerk,
e^3 die Kesselschmiede,
f das Schienenwalzwerk,
f^1 das Blechwalzwerk,
f^2 das Bandagenwalzwerk,
f^3 das Laschenwalzwerk,
g die Glühhäuser,
h die Eisengiessereien,
i die mechanischen Werkstätten,
i^1 die Axendreherei,
k die Kanonenwerkstätte,
l die Kanonenabnahme,
m die Geschossdreherei,
n die Rädergestellfabrik,
o das Bandagenpresshaus,
p das neue grosse Kesselhaus,
q ein Probirhaus,
q^1 die Formerei,
r die Gasfabrik,
s die Fabrik feuerfester Steine,
t den Bauhof,
u die Gebäude der Zeche Sälzer & Neuack,
u^1 die Gebäude der Zeche Hoffnung,
v das Hauptcomptoir,
v^1 den Ausstellungsraum,
v^2 die photogr. u. lithogr. Anstalt,
w das Stammhaus,
w^1 das Gartenhaus,
w^2 das Fremdenhaus,
w^3 den Essener Hof (eigenes Hôtel),
x die Menage,
x^1 den Consumbazar,
x^2 das evangelische Waisenhaus,
x^3 das Barackenlazareth,
x^4 die Arbeitercolonien,
x^5 die Feuerwehrkaserne,
y den Südbahnhof,
y^1 die Geleise zum Berg.-Märkischen Bahnhof,
y^2 die Geleise zum Rhein. Bahnhof,
z den kleinen Schiessstand.



Verlag von Baumgärtners Buchhandlung, Leipzig.
Nachdruck verboten!
Photolithograph. Druck v. Fr. Gröber, Leipzig.

Schlusswort.

Die ersten vier Lieferungen dieses nunmehr abgeschlossenen Werkes erschienen in der zweiten Hälfte des Jahres 1880, nachdem bereits im Frühjahr und Sommer des Jahres 1879 die Einleitung zur Herausgabe und die Vorbereitung der Tafeln begonnen hatten.

Mit mehr oder weniger Stetigkeit, kleineren und grösseren Unterbrechungen, veranlasst durch persönliche und amtliche Verhältnisse, hat der Verfasser das nach und nach etwas aus dem ursprünglichen Rahmen herausgewachsene Werk fortgeführt und am heutigen Tage abgeschlossen.

Das Niederlegen der Feder nach so langer, zum Theil schwieriger, jedenfalls mühevoller Sammel- und Sichtungsarbeit ist für den Verfasser ein wichtiger, ernster Vorgang.

Ein ganzes Stück eigenen Lebens, Denkens und Trachtens liegt in einer solchen Arbeit, und es ist immer ein Abschied, das letzte Blatt Manuskript aus der Hand zu geben und von dem vertraut gewordenen Kreis zu gehen.

Ehe der Verfasser aber scheidet, möchte er noch der Befriedigung und dem Danke Ausdruck geben bezüglich der vielseitigen Förderung und Unterstützung, welche ihm neben fachmännischer Anerkennung seiner Arbeit in reichem Maasse geworden sind.

Er gestattet sich in Folgendem, die Gesellschaften und einzelnen Ingenieure, die ihm hilfreich gewesen sind, anzuführen und sie an dieser Stelle zu bitten, auch den öffentlichen Ausdruck seines lebhaftesten Dankes entgegenzunehmen.

Durch Beiträge und Auskunft unterstützten den Verfasser die Leiter der Gesellschaften: Hörder Berg- und Hüttenverein, Dortmunder Union, Bochumer Verein, Gutehoffnungshütte, Rheinischer Bergbau- und Hüttenverein, Friedrich Wilhelmshütte (Mülheim a. d. R.), Aachener Hütten-Aktienverein (Rothe Erde), Friedrich Krupp (Johanneshütte, Duisburg), Aktiengesellschaft Phönix zu Laar, Preussische Bergbau- und Hüttengesellschaft (Vulcan, Duisburg), Ilseder Hütte, Peiner Walzwerk, Königin Marienhütte (Cainsdorf), Königs- und Laurahütte (Oberschlesien), Stumm'sche Verwaltung (Neunkirchen), R. Böcking & Co. (Halberger Hütte), Schalker Gruben- und Hüttenverein, Bergischer Gruben- und Hüttenverein (Hochdahl), Heinrichshütte bei Hamm a. d. Sieg, Prager Eisenindustrie (Kladno und Teplitz), Eisenwerk Witkowitz, Erzherzogliche Industrialverwaltung (Teschen), Alpine Eisenindustrie-Gesellschaft, Metz & Co. (Eich, Dommeldingen und Esch), Stahlwerksgesellschaft zu Dudelingen, Gesellschaft der Hochöfen (Rodingen), Société John Cockerill, Société des Hauts-fourneaux et charbonnages d'Ougrée, Société fabrique de fer d'Ougrée und Andere.

Eine Menge werthvollsten Materials stellten der Königl. bayrische Bergrath Herr Civilingenieur Gödecke (Minden), sowie Herr Civilingenieur R. M. Daelen (Düsseldorf) zur Verfügung, mit Rath und That unterstützten den Verfasser noch besonders die Herren Professor Riedler (Berlin) und Professor Lüders (Aachen), die Direktoren und Oberingenieure Herren Helmholtz (früher Bochum), Wild und Lantz (Peine), Spamer (Gross-Ilsede), Kintzlé (Rothe Erde), Wintzek (Friedenshütte), Massenez und Hilgenstock (Hörde), Prohaska (Graz), Holtz und Sailler (Witkowitz), Bertrand (Teplitz), Krafft (Seraing), Civilingenieur Howson und Consul Ch. W. Müller (Middlesbro') und viele Andere im In- und Auslande.

Zur Bewältigung des illustrativen Materials standen dem Verfasser nacheinander die Herren Ingenieure G. Lintner (jetzt in Mannheim), Piette (Neuss), Frz. Schingen (Aachen), sowie mehrere Studirende der hiesigen Technischen Hochschule, namentlich Herr Schüler (Montabaur), hilfreich zur Seite.

Auch ihnen spricht der Verfasser seinen besten Dank aus, ebenso der Verlagshandlung und speciell Herrn Dr. Baumgärtner selber, welcher im allerweitesten Maassstabe Entgegenkommen geübt und keine Opfer gescheut hat, dem Werke möglichste Vollständigkeit und beste Ausstattung zu geben.

Wenn die Leser des Buches finden, dass Ernst und Ehrlichkeit die Führer des Verfassers bei seiner umfänglichen Arbeit gewesen sind, so verzeihen sie demselben gewiss etwaige Breiten und Ausführlichkeiten.

Da der Verfasser sich stets bewusst war, kein eigentliches Lehrbuch, sondern ein wissenschaftlich gehaltenes Sammel- und Nachschlagebuch zu schreiben, hat er es immer zu vermeiden gesucht, zu theoretisch und schematisch zu werden, wenn dies auch seiner Behandlung in einer Kritik die Bezeichnungen: bunt zusammengewürfelt und selbst unwissenschaftlich eingetragen hat.

Bei der reichen Fülle an unedirtem Material, die der Verfasser bringen konnte, und bei der sorgfältigsten Behandlung des Bekannteren wird seinem Werke hoffentlich die bisherige gute Aufnahme nicht als unverdient angerechnet werden.

Glück auf!

Aachen, den 19. August 1891. **Der Verfasser.**

Bayerische Staatsbibliothek München

LEIPZIG
Druck von Friedrich Gröber.

Buchbinderei
CHR. SCHWAB
München

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Dürre, Ernst F.

Die Anlage und der Betrieb der Eisenhütten ausführliche Zusammenstellung neuerer und bewährter Constructionen aus dem Bereiche der gesammten Eisen- und Stahl-Fabrikation unter Berücksichtigung aller Betriebs-Verhältnisse
Bd.: 3

1892

4 Metall. 18 x-3,1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11508295-8